ビッグショット取扱説明書

[日本語]

www.bigshotcamera.com

Contents

組み立て 2

A. はじめる前に 3

B. 発電装置 5

C. 電子部品 12

D. レンズホイール 19

E. LED フラッシュ 24

学習 27

ビッグショットにまつわる科学知識 28

発電装置 29

撮像レンズ 35

イメージセンサー 43

ポリオプティックホイール 48

ファインダーと目 54

LED フラッシュ 58

液晶ディスプレー 61

電気工学 67

画像処理 71

取り扱い 78

はじめに 79

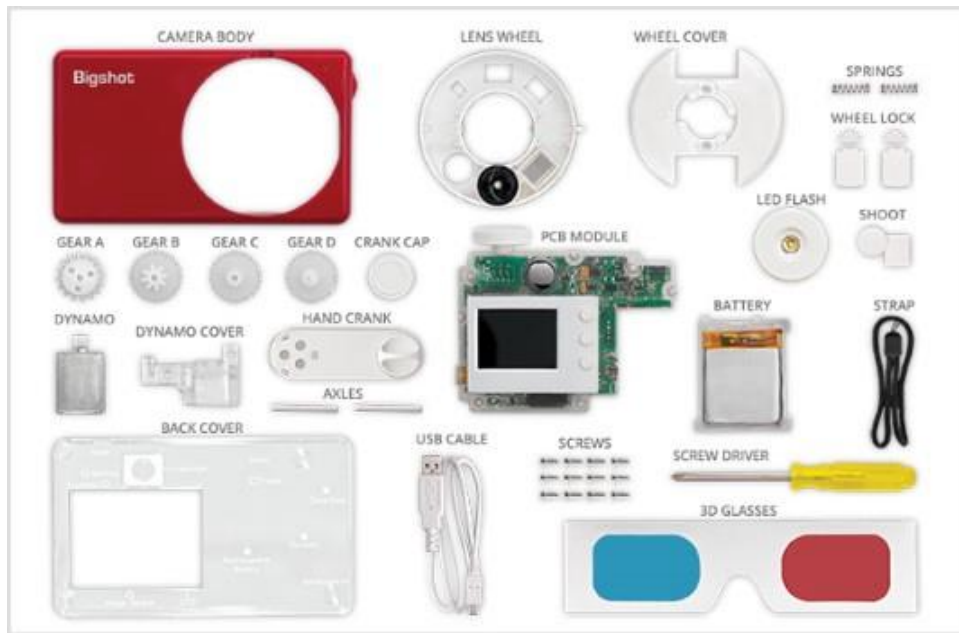
ビッグショットの使用方法 83

画像処理 93

より良い写真を撮るには 99

参考文献 105

組み立て

A. はじめる前に

A1. ビッグショットを正しく組み立てるには、必ず次の順序に従って下さい。 説明書のセクションごとの各ステップを順番通りに従うことが正しく組み立てる上での重要なポイントです。(注)予備としてスプリングが２つと複数のネジが付属されています。

(a) PCB Module

(b) Rechargeable Battery

(c) LED Flash

A2. ビッグショットを正しく組み立てるには、必ず次の順序に従う必要があります。説明書のセクションごとの各ステップを順番通りに従うことが正しく組み立てる上での重要なポイントです。

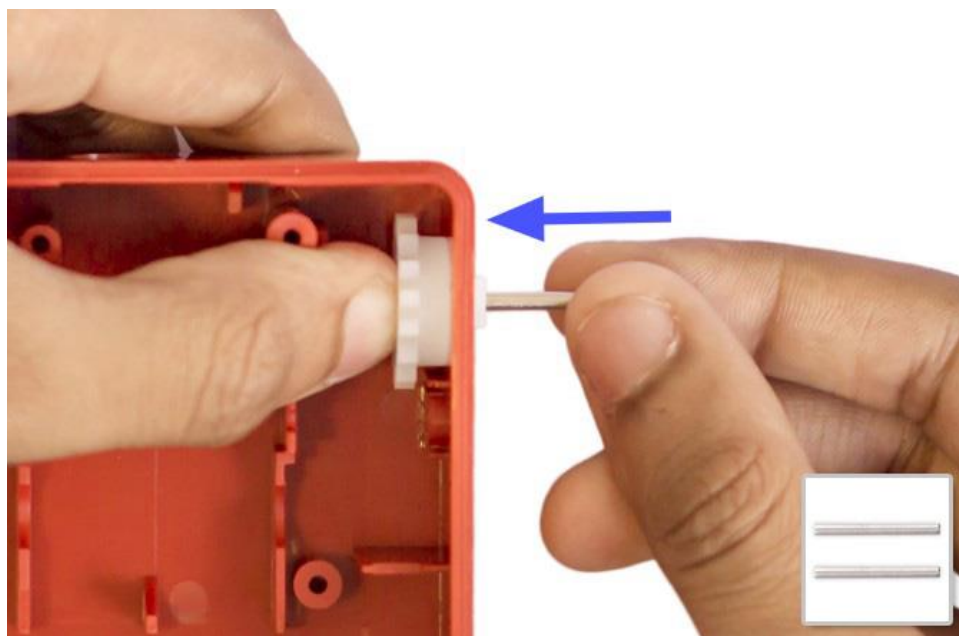
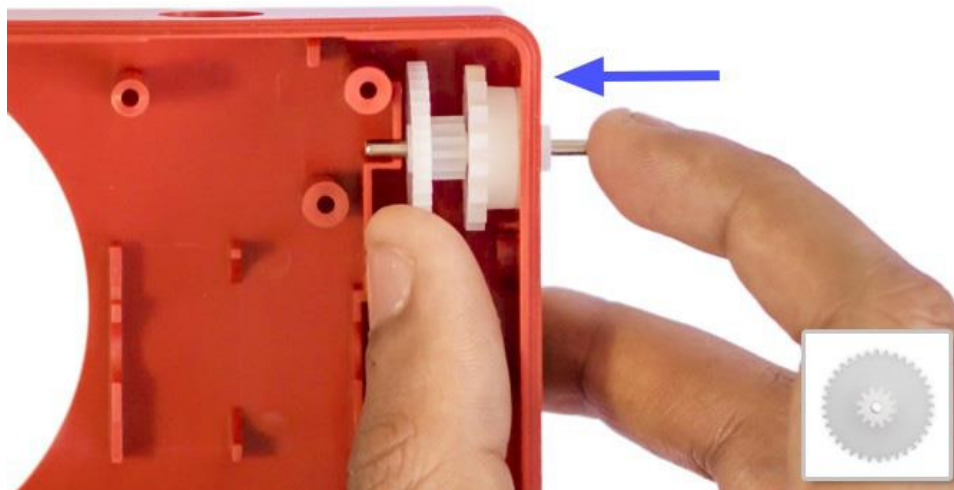
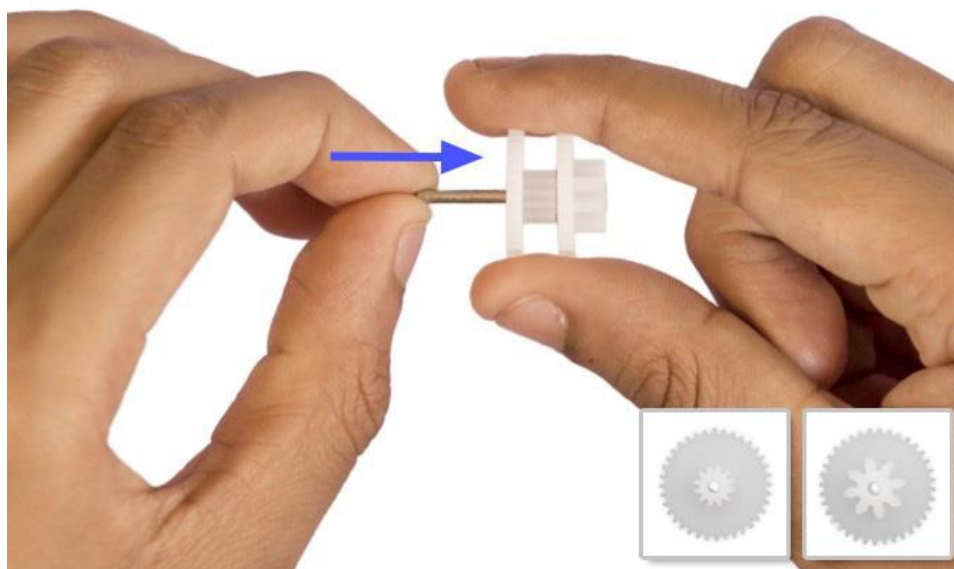
(a) Delicate parts

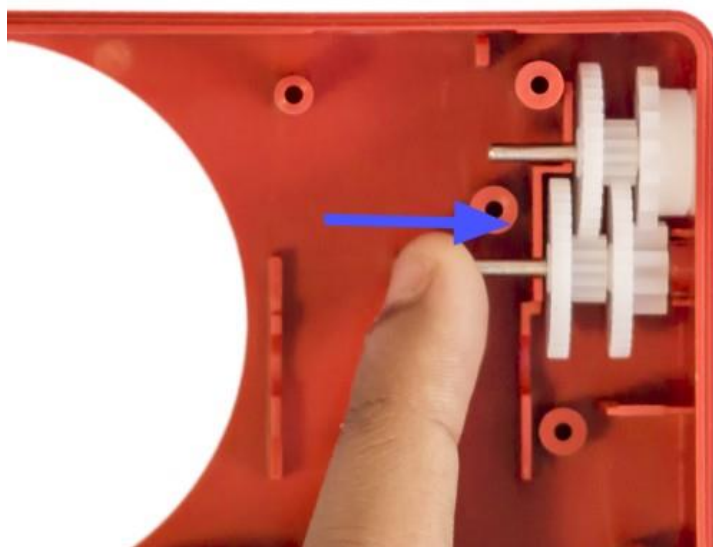
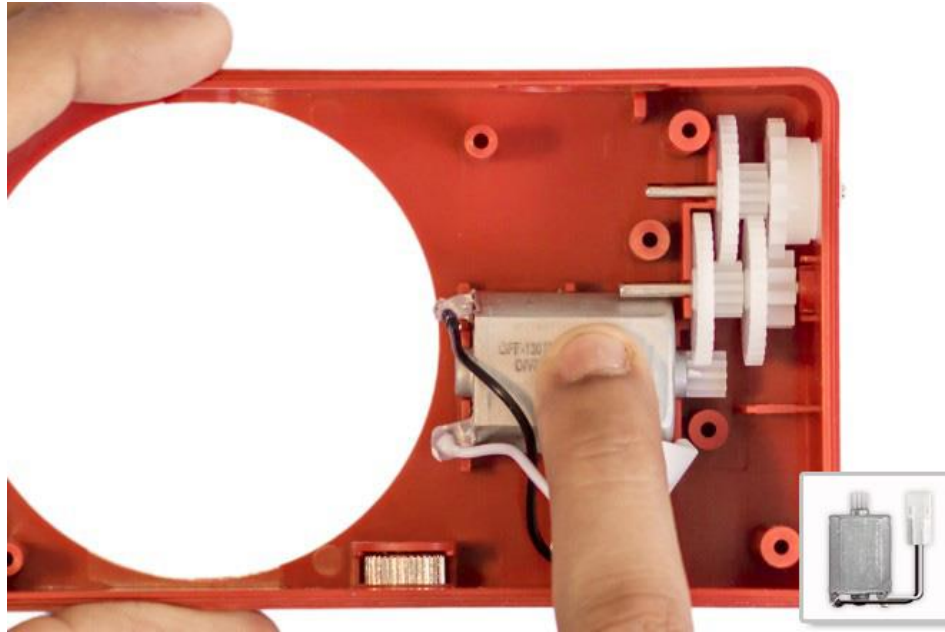
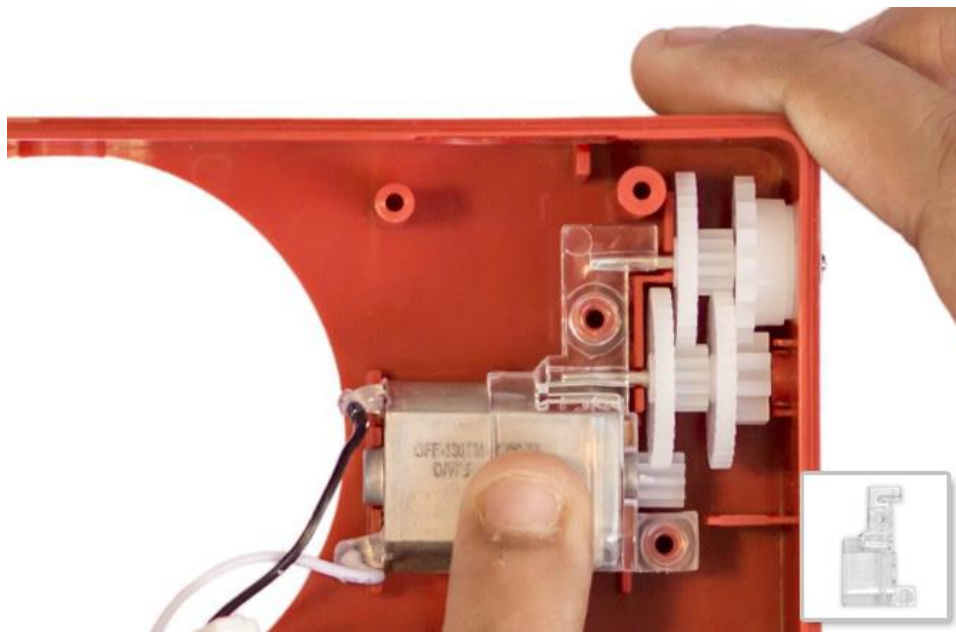
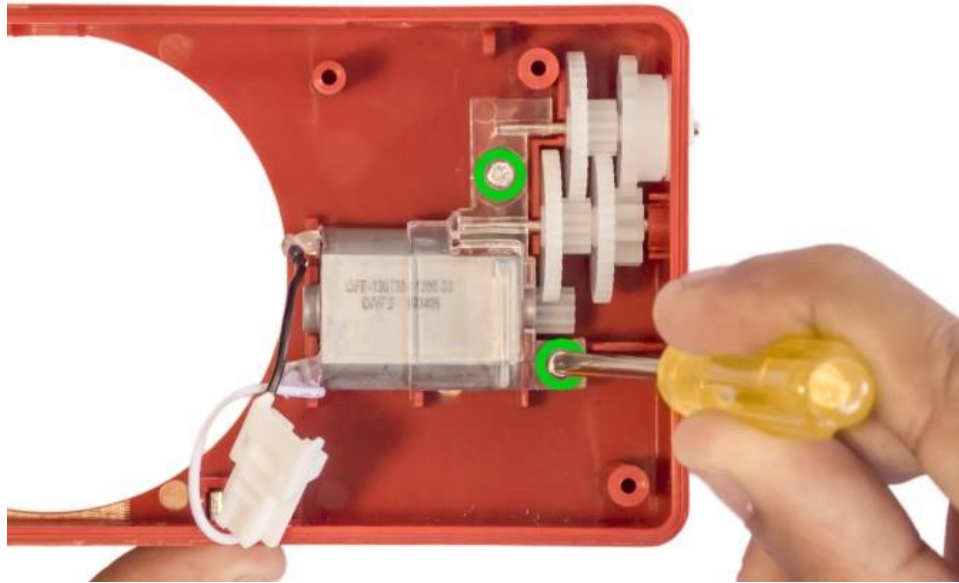
(b) Tightening screws

(c) Handling optics

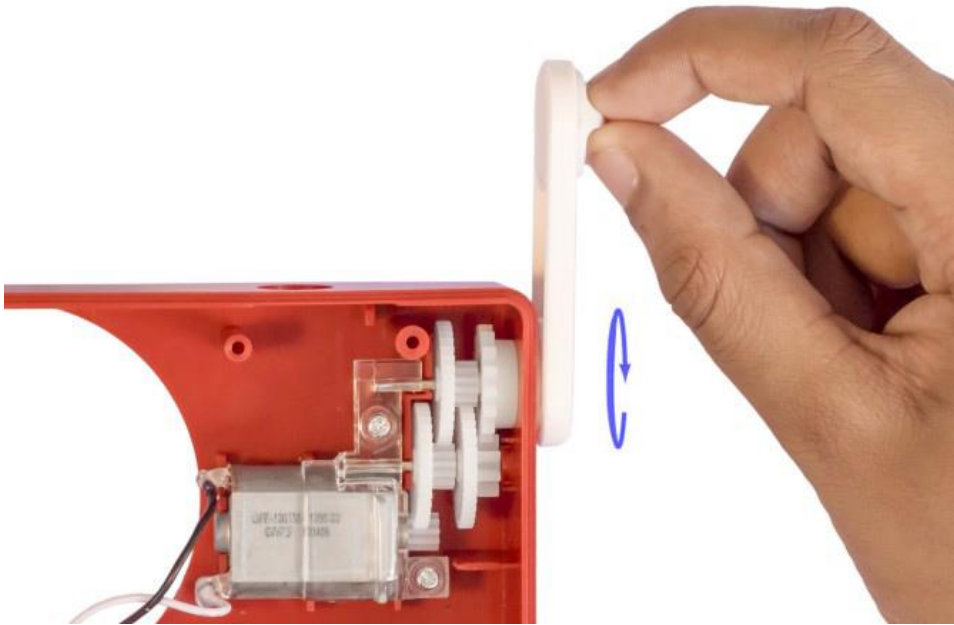
A3. 安全のために: a)プリント基板、b)充電式電池、c)LED フラッシュのプラスチックケ-スは、カメラの故障や、けがにつながる恐れがあるため、開かないようにして下さい。

B. 発電装置

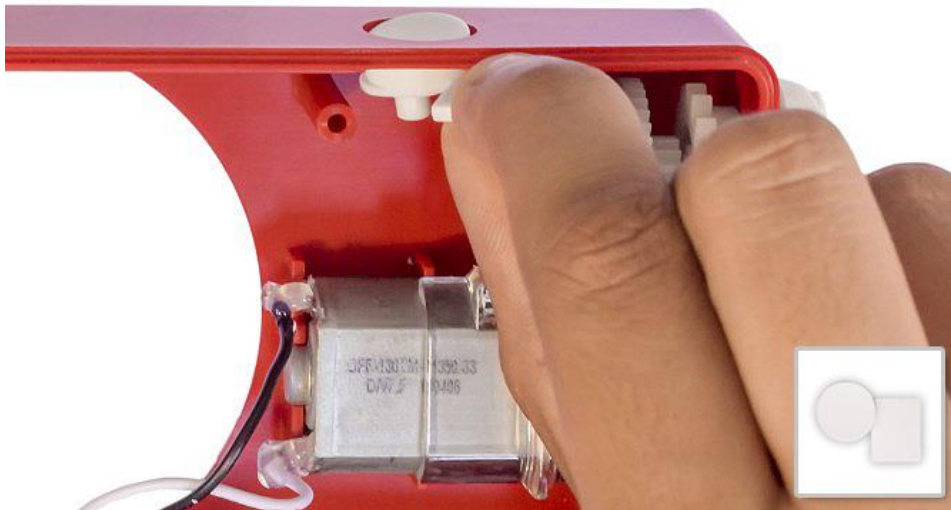
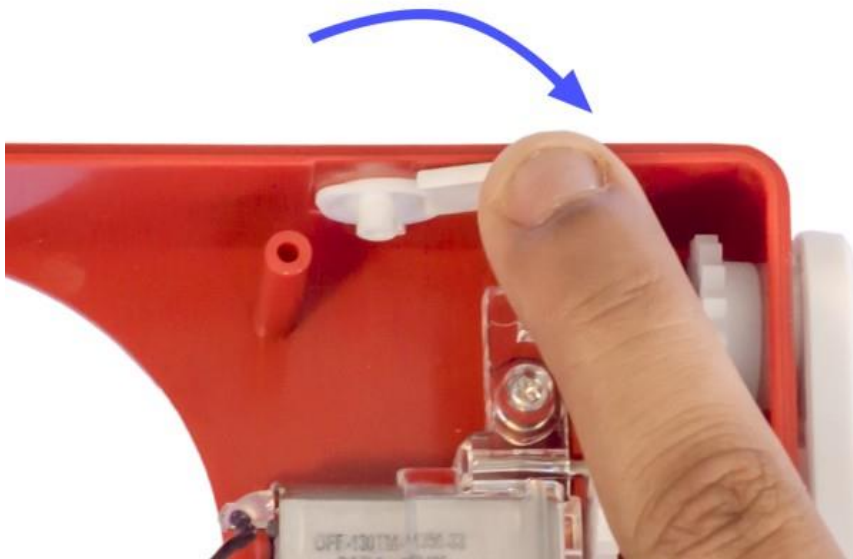
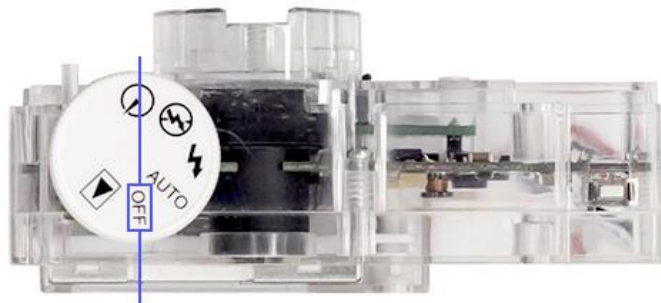
B1.　ギアーA(GEAR A)をカメラの本体の横の穴にあわせます。青い矢印の方向に押し込みます。

B2.　指でギアーを押さえながら、アクセルロッド 1 つをギアーの中心の穴に通します。ギアーを押さえる指にあたるまで押し込んでください。

B3. 上の写真のように、ギアーC(GEAR C)を最初のギアーのとなりに置き、両方のギアーを通るようにアクセルロッドを最後まで押し込みます。アクセルロッドの左端が、カメラ本体の溝におさまり、ギアーが両方とも回転できるようにします。

B4. ギアーB(GEAR B)とギアーD(GEAR D)を上の写真の様に合わせて持ち、2つ目のアクセルロッドを両方のギアーの中心に通し、反対側からロッドの端が少し突き出るようにします。

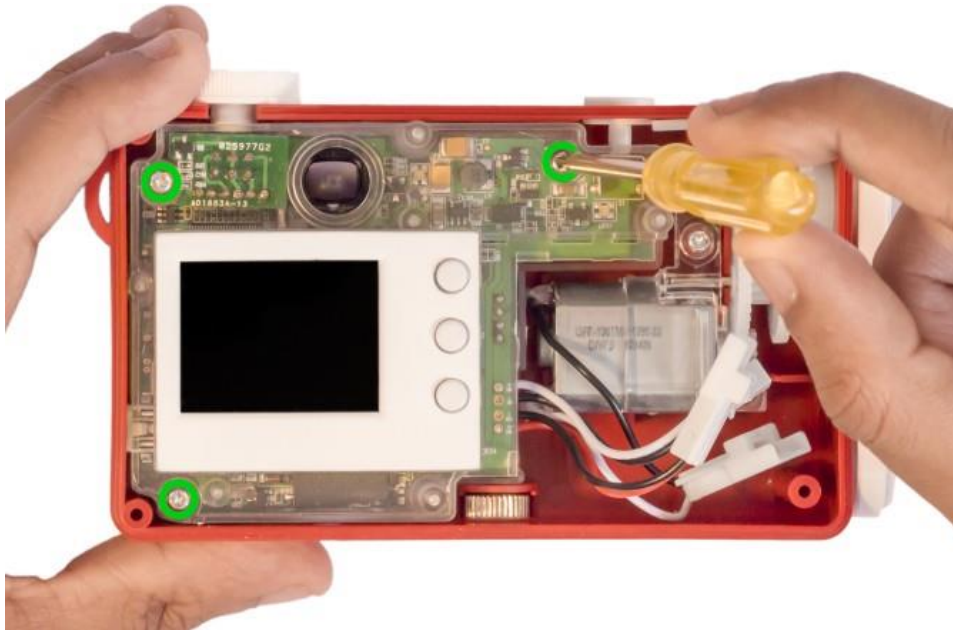
B5. このギアーの組み合わせを最初のギアーの組み合わせの下に、写真のようにセットします。アクセルロッドの左端がカメラ本体の溝にはまるようにします。

B6. このギアーの組み合わせを最初のギアーの組み合わせの下に、写真のようにセットします。アクセルロッドの左端がカメラ本体の溝にはまるようにします。

B7. ダイナモ(DYNAMO)をカメラ本体にセットします。ダイナモの歯がギアーB の歯と噛み合うように置きます。アクセルロッドが配置からずれる恐れがあるので、ギアーは回転させないでください。

B8. ダイナモと2本のアクセルロッドがずれないように、ダイナモカバー(DYNAMO COVER)を取り付けます。

B9. 上の写真のようにダイナモカバーを2本のネジ(SCREWS)で留めます。

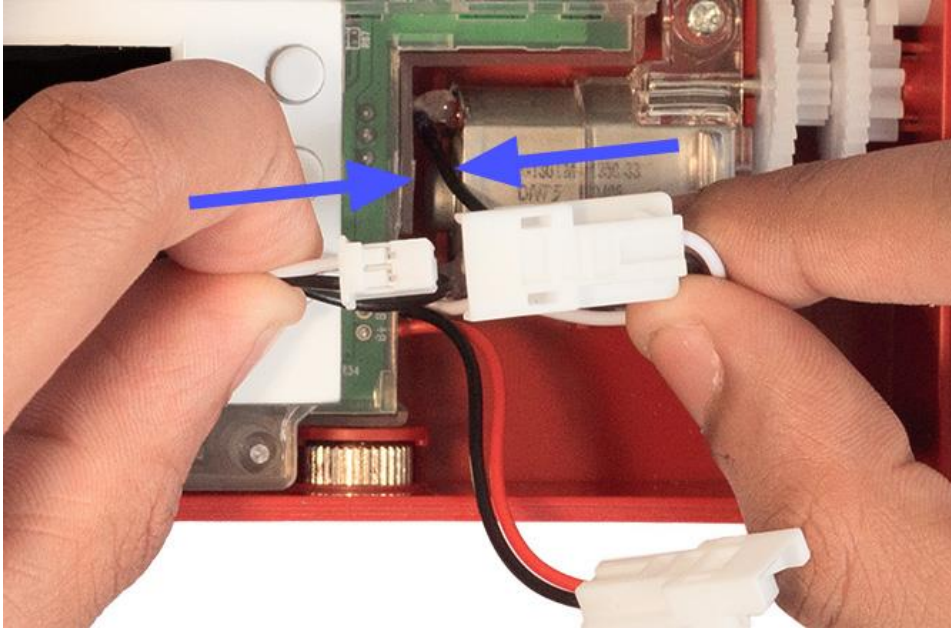
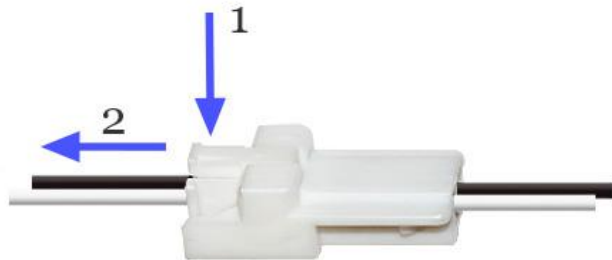
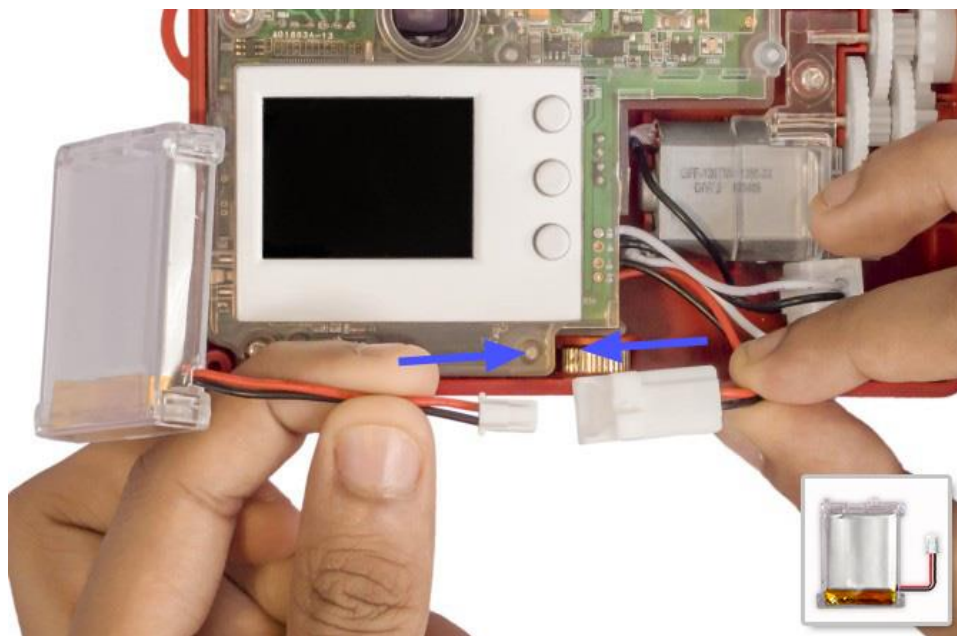
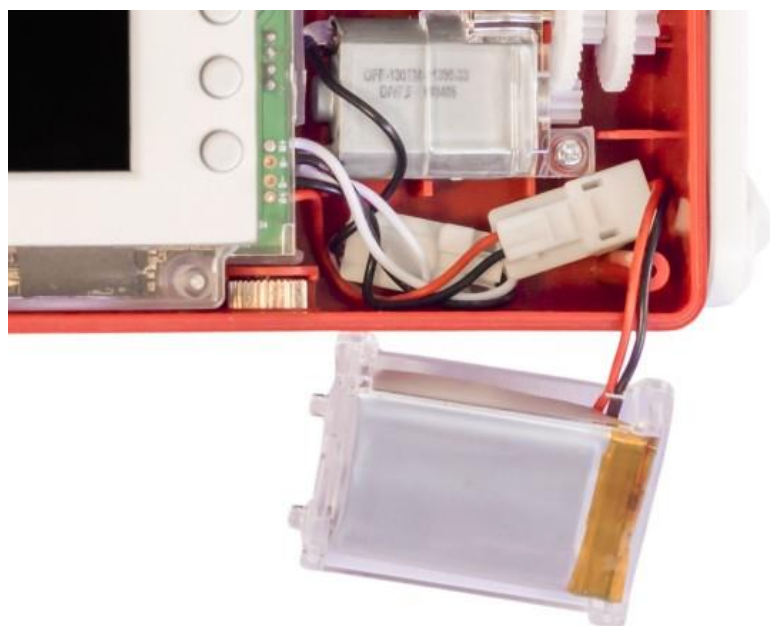
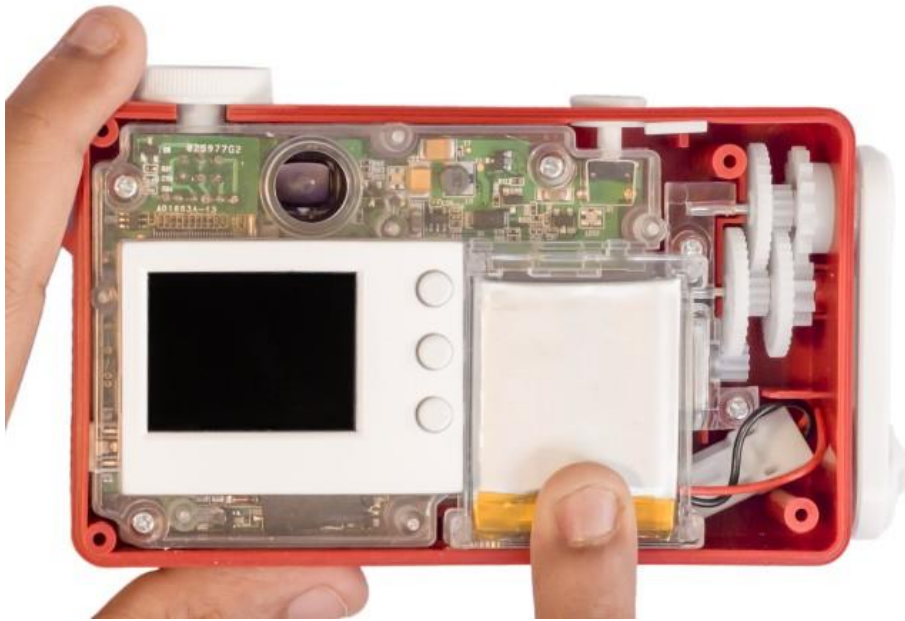
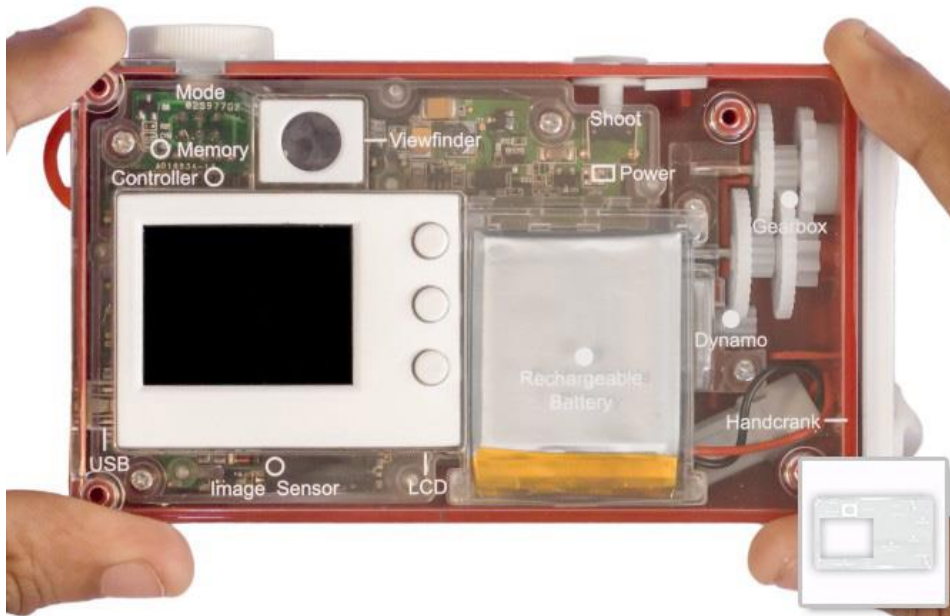
B10. ハンドクランク(HAND CRANK)を取り、三角形のくぼみをギアーボックス)のギアーA の三角形の突出部に合わせてはめ込みます。

B11. 写真のように、3本のネジでハンドクランクを本体に取り付けます。

B12. 取り付けたハンドクランクを時計まわりに回します。スムーズに回らない場合は内部の部品の組み立てがずれている可能性があるので、もう一度慎重に、これまでの手順をはじめからやりなおして下さい。

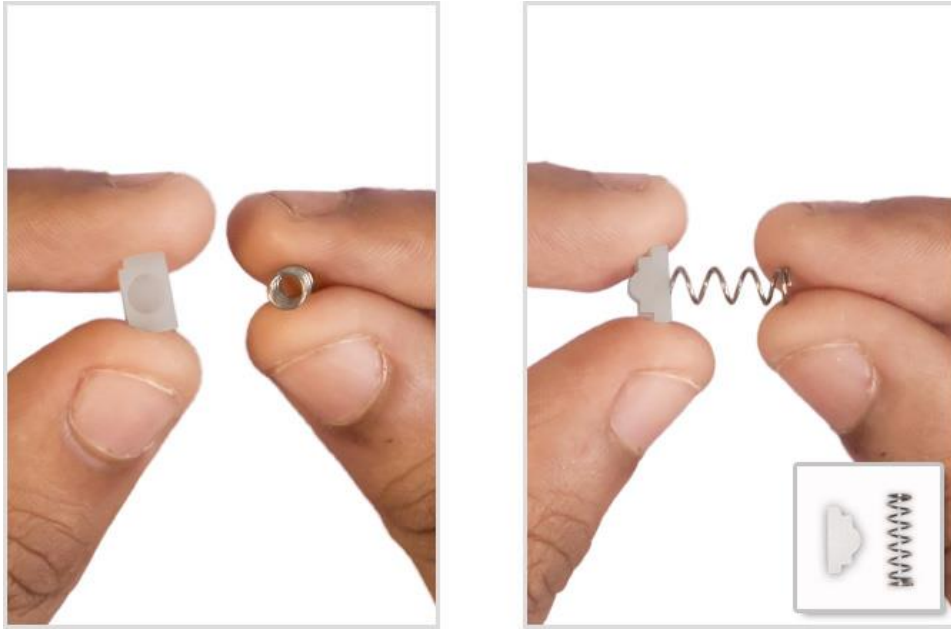
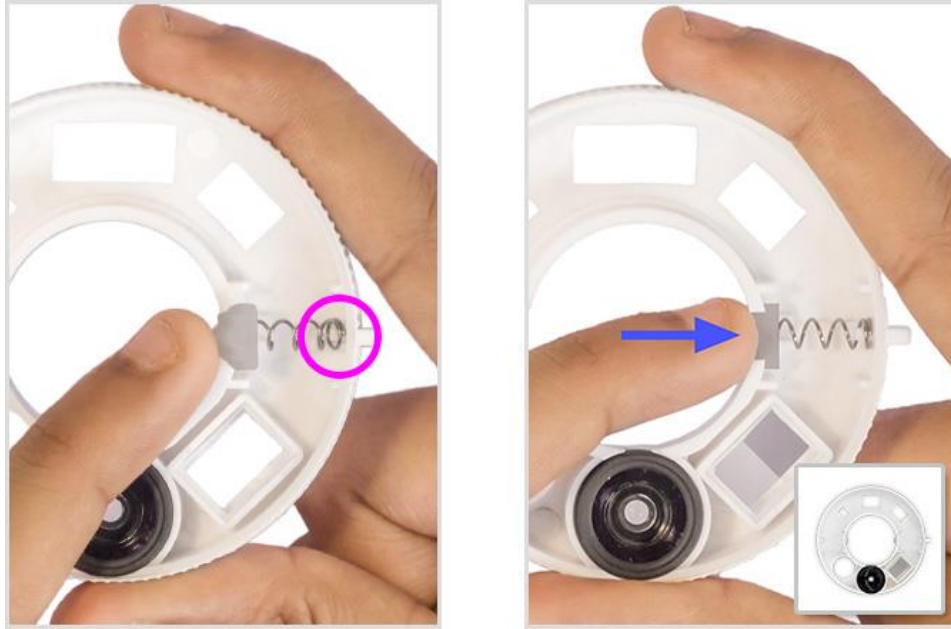
B13. ハンドクランクにクランクキャップ(CRANK　CAP)をネジを隠すように取り付けます。キャップをはめ込む前に、三つのタブがクランクの差し込み口にはまるように確認します。

C. 電子部品

C1. 撮影ボタン(SHOOT)をカメラ本体の上面の穴に差し込みます。この際、写真のように斜めに差し込んでください。

C2. 撮影ボタンが穴にはまったら、四角い部分をカメラ本体のくぼみにはまるまで時計回りに回転させます。

C3. PCB モジュール(PCB MODULE)をとり、モードを上の写真のように設定します。

C4. PCB モジュールをカメラ本体にはめ込みます。カメラ本体内部に取り付けた部品の突起物が PCB モジュールの穴に入るように合わせます。

C5. 3本のネジで、PCB モジュールをカメラ本体に取り付けます。

C6. モードを OFF の設定にします。残りの組み立て作業が全て終了するまで、OFF 設定のままにしておく事が重要です。

C7. PCB モジュールから、ダイナモ(DYNAMO)のワイヤーと同じ色の組み合わせを持つコネクターを見つけます。二つのコネクターを両手で持ち、カチッと音がするまではめ込みます。

C8. もしワイヤーの接続を切りたい時には小さい方のコネクターを押しながら、上の写真のように引き出します。

C9. バッテリー(BATTERY)を取り出し、バッテリーのコネクターと残った方の PCB モジュールのコネクターを合わせ、カチッと音がするまでやさしくはめ込みます 。

C10.　ダイナモとバッテリーからのコネクターをカメラ本体の下の方の空いた部分におさめます。この時、ワイヤーがギアーに触れないように注意してください。

C11. 方向に気を付けながらバッテリーをカメラ本体にセットします。（写真参照）

C12. カメラ本体にバックカバー(BACK COVER)を乗せます。カバーのネジ穴が本体の差し込み口に合うように合わせます。

C13. 4 本のネジを使い、カバーを本体に取り付けます。

D. レンズホイール

D1.　スプリング(SPRINGS)を1つとホイールロック(WHEEL LOCK：部品名紹介の写真の WHEEL LOCK と書いてあるすぐ下の小さい方の部品)を1つずつ取り出し、うちの片方の丸穴に差し込みます。(スプリング4つ中、うち2つは予備)

D2.　　差し込んでいない方のスプリングの端をレンズホイール（LENS WHEEL）の突起部分に下の図の左側のように差し込みます。その後、右側の写真のように、ゆっくりとバネを押して縮めます。ロックがレンズホイールに入り、ホイールの溝にはまります。

D3.　レンズホイールの反対部分にも、同じ要領で残りのホイールロックとスプリングを取り付けます。

D4.　スプリングの片方にスプリングカバー(部品名紹介の写真の WHEEL LOCK と書いている部分の下の大きい方の部品)を乗せ、押し込みます。カバーがレンズホイールにはまり、ホイールから突きでないようになります。

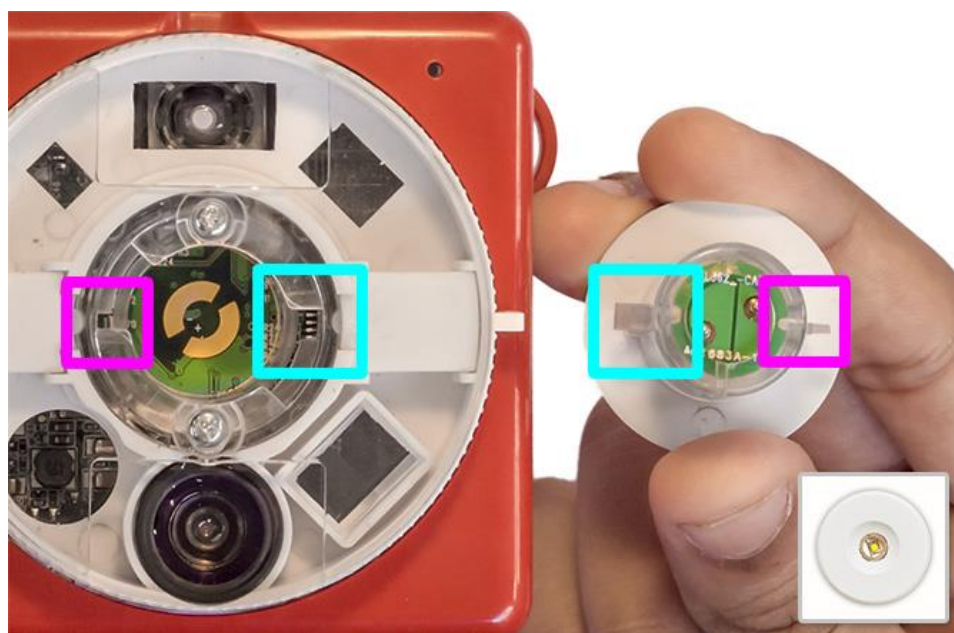
D5.　同じ要領でもう一方のスプリングにもカバーを付けます。

D6.　レンズホイールをカメラ本体の PCB モジュールの部分にはめ込みます。写真の青とピンクの四角のように部品を合わせ、レンズホイールの2つのロックがしっかり PCB モジュールの2つの差し込み口にはまるように押しながら入れます。

D7.　レンズホイールを取り付けたら、両方向に回転するか確認しましょう。レンズホイールの3つのレンズに各自しっかりはまるはずです。

D8. ホイールカバー(WHEEL COVER）を取り出しレンズホイールのネジ穴と合わさるようにセットします。写真の青い点がカバーの右側に位置するように注意してください。

D9. 最後にレンズカバーを2本のネジでしっかりと固定します。

E. LED フラッシュ

E1. 上の写真の青とピンクの四角を合せるようにフラッシュモジュール(LED FLASH)の出っ張りを PCB モジュールの溝に合わせ、フラッシュモジュールを PCB モジュールに押し込みます。 この時、フラッシュモジュールを正しい方向に挿入しない限り PCB モジュールには入りません。

E2. LED フラッシュモジュールを30度時計回りに回転させ、PCB モジュールにロックします。LED モジュールの接続があまいと感じても、PCB モジュールとの接続は保たれているので問題ありません。

E3. ストラップ(STRAP)には大、小の輪があります。小さい方の輪をカメラ本体の通し穴に通します。

E4. 小さいループを大きいループに通します。

E5. 大きい方のループを引っ張り、ストラップを締めます。

E6. これで完成です！ ビッグショットの使い方は P78「使い方」をご覧下さい。

学習

ビッグショットにまつわる科学知識

この章ではビッグショットが機能するのに必要な科学や工学のコンセプトについて体験的に学習する事ができます。コンセプトごとに、分かりやすい説明や図、そして体験的なデモンストレーションが用意されています。ビッグショットについての知識を習得したら、クイズに挑戦してみましょう！

発電装置

はじめに

私達が日ごろ目にするカメラは全て電池によって動いており、ビッグショットもその例外ではありません。しかし、ビッグショットは手動の発電装置が搭載されているため、他のカメラとは違い電池が切れても写真を取り続ける事が出来ます。

図１はビッグショットの発電装置の構成を表しています。 中心部のダイナモ(Dynamo)は、我々の家に電気を供給する発電機に似ています。ユーザーがハンドクランクを回すと、その回転によって発生する力学的エネルギーがダイナモによって電気エネルギーに変換されます。ダイナモにビッグショットで写真を撮るのに必要なエネルギーを発生させるには、クランクを１分間に数千回転させなければなりません。手動でその量の回転をこなす事は不可能です。そこで、ダイナモとクランクを直で繋げるのではなく、このカメラではこの２つの部品の中間にギアーボックス(Gears)を設置しています。そのため手動でゆっくりクランクを回しても、ギアーボックスがダイナモを高速で回転させます。

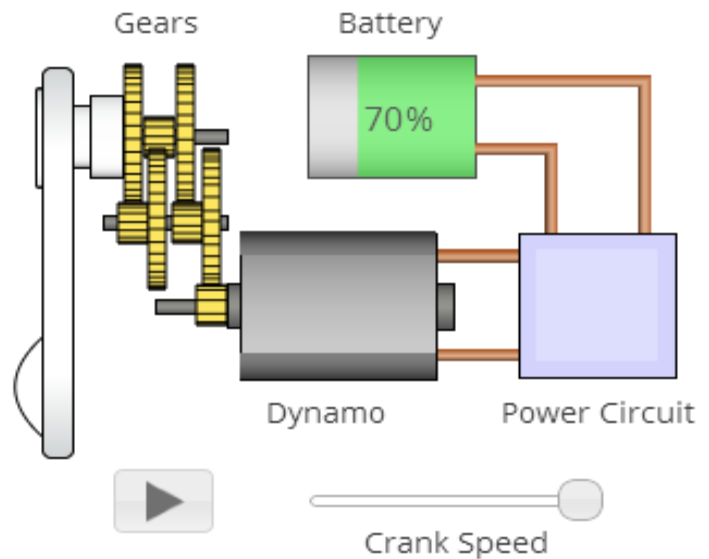



図 1 : ビッグショットの発電

ダイナモで発生する電気エネルギーは充電バッテリーとして蓄えられます。写真を撮るごとに、カメラはバッテリーから直にエネルギーを得ています。充電されたエネルギーを使い果たしてしまった場合は、同じようにクランク回転でダイナモに電気エネルギーを再び発生させ、再び充電バッテリーとして蓄える事が出来ます。
ハンドクランクがどのように発電装置を機能させるのかを見るには、図１のリンク先にある図(figure 1)のプレーボタンをクリックしてください。回転速度はスライダーで調節できます。

ギアー

ギアーは、腕時計、自転車、自動車や電車など、回転するパーツが存在する機械類の大部分に使用されています。一般的にギアーは円柱状の形の円周に溝を切り込んだ形状をしており、歯を持っています。歯の形が一致するギアーは噛み合うことが出来ます。

図２は噛み合っている２つのギアーを表しています。お互いの歯がロックし合うため、１つのギアーを回転させると、もう片方のギアーも回転することになります。（図２リンク先のプレーボタンをクリック）このようにペアで機能するギアーはメカニカルアドバンテージ（機械的利益）を有するため、色々な機械の設計に役立っています。相対的なサイズの違いによってギアーは対のギアーの回転速度を速めたり遅くしたりします。さらに回転の方向を変更することも出来ます。図２では、ギアーがお互い反対方向に回転しています。さらにギアーB(Gear B)　　はギアーA(Gear A)より高速で回転しています。回転速度の比率はギアー比と呼ばれています。

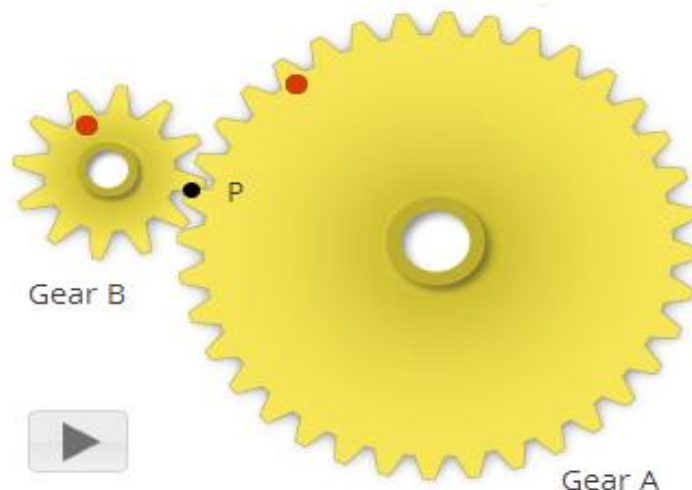



図２：噛み合う２つのギアー

ギアーA に対し、ギアーB はどれだけ速く回転しているのでしょうか？この二つのギアー—が噛み合うには、ギアーの歯のサイズが一致していなければいけないため、小さいギアーは大きいものに比べて歯の数が少なくなっています。ギアーB が１回転を終えた時、（全ての歯が点 P を通過した状態）ギアーA はまだ１回転を終える事が出来ていません。（全ての歯が点 P を通過し終えていない状態）つまり、小さいギアーの方が大きい物より速く回転します。[1] ギアーA とギアーB の回転速度の関係は次の数式によって表されます:

$$A\text{の速度} \times A\text{の歯の数} = B\text{の速度} \times B\text{の歯の数}$$

ギアーの歯の数は外周、円周によって定められます。また、ギアーの円周は直径に左右されるため上の数式は次のように書き換える事が出来ます:

$$A\text{の速度} \times \square\text{の直径} = B\text{の速度} \times B\text{の直径}.$$

例えば、図２では、ギアーA の直径がギアーB の３倍であるため、ギアーB はギアーA の３倍のスピードで回転します。

ギアーボックス

数秒で写真を撮るだけのエネルギーを発生させるには、ビッグショットの発電機を１分で何千回も回転させる力が必要です。しかし、そのスピードで発電機を回すのは、人力では不可能です。
対処法の１つとして、２つのギアーでクランクと発電機を繋げる事ができます。しかし、回転速度を１００倍にしたければ、１つ目のギアーがもう片方のギアーの１００倍のサイズである必要があるため、カメラはとんでもないサイズになってしまいます。

この問題を解決するために、複数のギアーを使用します。違うサイズの複数のギアーが噛み合って動くこの仕組みをギアーボックスと呼びます。図３に表されているように、ビッグショットのギアーボックスは遅い速度の手動回転を８つのギアーを駆使する事でカメラを必要以上に大きくする事なく、ダイナモの軸の高速回転に変換する事が出来ます。図の右上のギアーB(Gear B)のイラストを見て下さい。このギアーは２つのギアー（B1 と B2）でできており、この２つが噛み合ってできているのではなく、それらがくっつけられてできています。つまり、１つが回ればもう１つが同じ速度で回る事になります。こういうタイプのギアーを複合ギアーといいます。ギアーC、D も同様です。ギアーC は C1 と C2、そしてギアーD は D1 と D2 というように各ギアーは２つのギア―で形成されている複合ギアーです。ギアーA は、ギアーB1 の２倍の大きさです。残りの大きいギアー（B2、C2、D2）は小さいギアー（C1、D1、E）の３倍の大きさです。

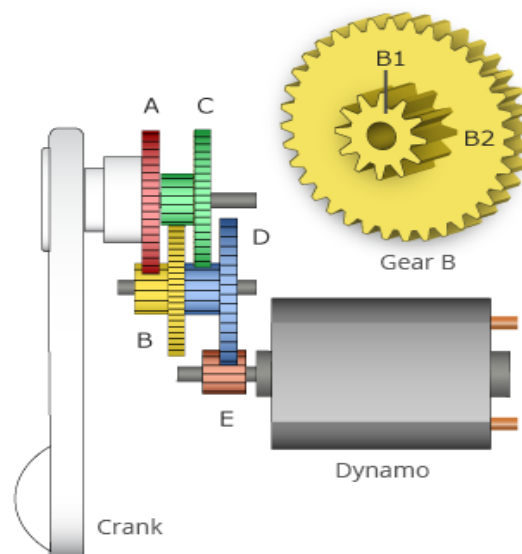



図３： ビッグショットのギアーボックス

ギアーA はハンドルに直接繋がっているため、ハンドルと同スピードで回転します。ギアーA と噛み合っているギアーB1 は、A の２倍で回転します。B1 に固定されているため、B2 もこのスピードで回転します。B2 が C1 を動かすと、スピードは更に３倍に跳ね上がります。回転がこの複合ギアーの間で繋がると、スピードが３倍になる事がわかります。すなわち、ハンドルの回転が４つのギアーを通してダイナモの軸まで到達するまでには 2×3×3×3=54 倍のスピードになっていることになります。ハンドルが１回転すると、発電機は５４回転することになります。
例えば、ハンドルを１分間に３０回のスピードで回すと、発電機は１分に 30×54 = 1620 回転するため、ビッグショットが写真を撮るのに充分なエネルギーを生み出す事が出来ます。

電磁誘導

1800 年代の初期に、物理学者達は電気と磁気の重要な関係を発見しました。この発見とは変化のある磁界の中に導線を入れると導線の中に電圧が発生するというものです。
この、電磁誘導と呼ばれる現象は、図４で表されています。長い導線がボール紙のシリンダーに巻いてあります。コイルの両端には電圧計が繋がっています。コイル内に磁石が出入りする事によって、（リンク先の再生ボタンをクリック）コイルを取り巻く磁界に変化が起こります。こ

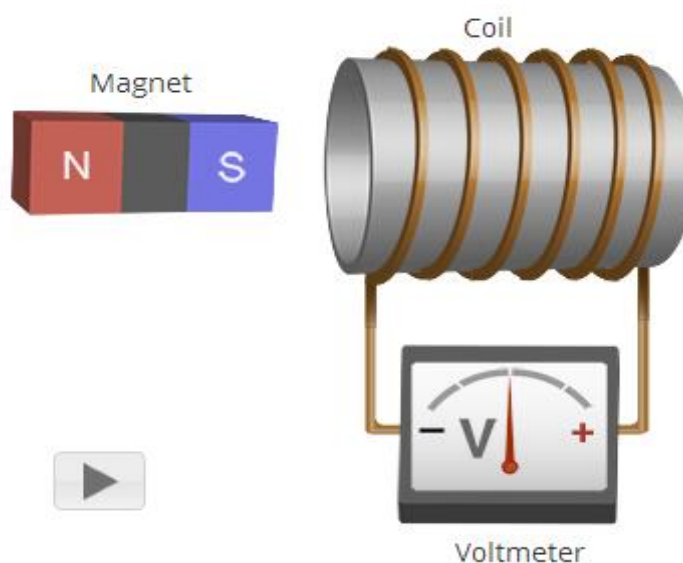



図４： 電磁誘導

れに反応し、電圧計の針が動き、コイル内に電圧が生じている事を示します。磁石の動きが早くなるにつれて、発生する電圧量も多くなります。磁石の動きが止まると、電圧計の針もぴたりとゼロに戻るため、電気を発生させるには、磁界の変化が必要だと言う事がわかります。我々の家にエネルギーを供給する水力発電所からビッグショットで使われている小さい発電機まで、色々な環境においてこの電磁誘導の原理、力学的エネルギーから電気を発生させています。

ダイナモ

ダイナモ（発電機）とは力学的エネルギーを電気エネルギーに変換する装置です。図５は基本的な発電機のしくみです。導線でつくられたコイルが2つのN極とS極でできている磁石(Magnet)の真ん中に配置されています。コイルが止まった状態の時は、電圧は生じません。しかし、コイルが回転すると、磁界の変化が生じるためコイル内に電圧が生じます。

図 5: 基本的な発電機

回転の前半では、コイルの左側は左の磁石のＮ極に近づきますが、回転の後半では、右マグネットのＳ極に近づきます。従って、コイルは、１つの極性の電圧（陽か陰）を発生させた後、逆の極性の電圧を発生させます。このように陽性と陰性とで切り替わる電圧の事を交流電圧といいます。図６ａは一般的な正弦状の交流電圧がどのようにコイルで発電しているのかのイラストです。正弦波の高さは、コイルによって発生する電圧の強さを示し、この数値は磁界の強さ、コイルの輪の数、そしてコイルの回転速度に左右されます。
回転するコイルでの発電は、整流子(Commutator)によってエネルギーを供給する回路に繋げられています。整流子は、２つの滑らかな半円筒状の伝導材料の間に隙間を置くことで構成されています。各半円筒はコイルの片端にしっかりとつけられており、整流子も、コイルと一緒に回転します。整流子に固定されたブラシ(Brush)が、回転する整流子に押し付けられます。このブラシは、発電機の電極の役割を果たします。

電気を発生させるコイルの電極であると同時に、整流子にはもう一つ大事な役割があります。その役割とは、発電機が発生させた電圧が陽性と陰性とで切り替わる事を防ぐことです。各ブラシが整流子の両半円筒にこすりつけられ、コイルの電圧が切り替わる瞬間にもう片方の半円筒に移ります。これによって、発電機が発生させる電圧が、極性が切り替わる物でなく、常に陽性でいる事が保証されます。このような電圧を直流電圧といいます。（図６ｂ 参照）この交流電圧が直流電圧に変換される過程を整流といいます。

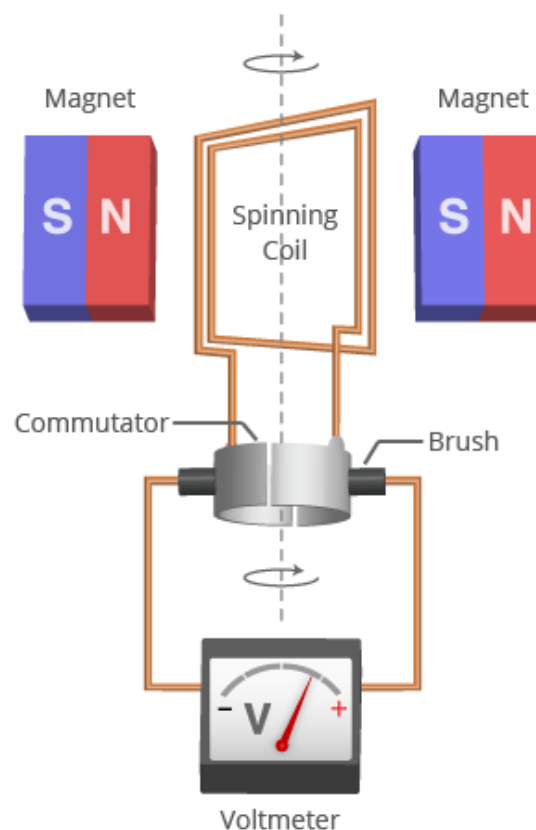
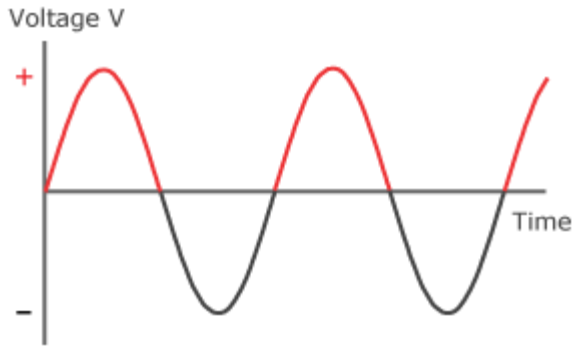



図 6a: 交流電圧

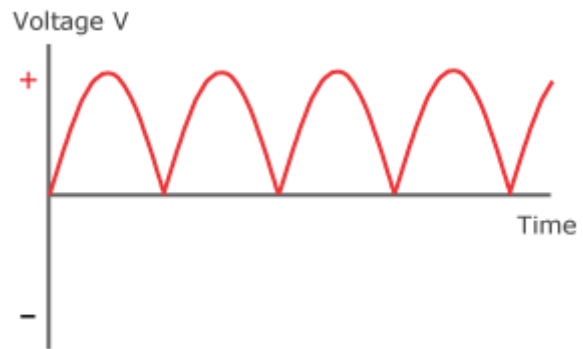



図 6b: 直接電圧

充電電池

電池を使用する機械を使った事がある人は、電池が切れて新しいものと取り替えなくてはならないことにいらつきを感じた事がある人もいると思います。長く使っていると電池の費用のほうが機械そのものの値段を超える事もよくあります。幸いにも使い捨て電池の時代の終末もそう遠くはありません。ビッグショットを含め、近代的なデジタルカメラは充電電池を使用しています。電池が切れた場合は、電力源に繋げて充電し直せばいいだけです。ビッグショットの場合は、撮影中に電池が切れて、近くに電力源が無い場合でも、ハンドクランクまわすだけで充電でき、撮影を続ける事ができます。次は電池の仕組みを見てみましょう。

電池は化学エネルギーを体内に貯蔵し、要求に応じて電気エネルギーに変換する装置です。電池の主要部分であるアノード(Anode)とカソード(Cathode)はイオンを持つ液体かジェル状の電解液に浸されています。（図 7 参照）イオンとは、電子と陽子の数が一致しないために、総合的に陽性か陰性の電荷を持つ原子、または分子のことです。電解液が陰電荷の場合はイオンがアノードの素材と化合し、残留物を発生させ、電子を放ちます。アノードが電池によってエネルギーを得ている回路を経てカソードに繋げられた時、放たれた電子は電流として回路をたどり、カソードにたどり着きます。カソードの素材は、もう１種の残留物を作るためにこの電子を消費します。電池は、電極、または電解液が化学反応に必要な素材がつきるまで、電気を発生させる事が出来ます。

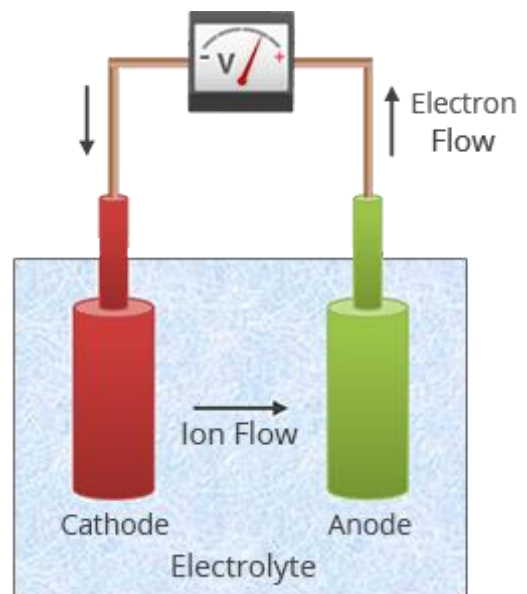



図７: 基本的な電池のしくみ

充電電池も、使い捨て電池と全く同じ方法で電気を発生させます。充電電池と使い捨て電池の大きな違いは、充電電池はアノード、カソード、そして電解質は特殊な素材を使用し、上の過程を逆戻りさせる事が出来る事です。つまり、空になっても再び使用する事が可能です。充電電池は、ダイナモのような電力源に繋げることによ

って、電流を逆流させ、アノードとカソードの残留物及び使用済みの電解液も電子に反応してアノード、カソードと電解液の元の素材を再び作り出す事ができます。これによって電池は再び充電され、新品のように再び使えるようになるのです！

電源回路

図８は、ビッグショットで使われる電源回路の簡単な図解です。上記の構成部分の他に、電源回路にはダイナモと充電電池の間にダイオードと呼ばれる特殊な半導体チップが設置されています。１方向スイッチとして発電機から電池への電流を流し、逆方向への流れを防ぎます。このダイオードがないと、電流が発電機に逆戻りするのを防ぐ事ができません。もし逆流してしまったら、発電機がモーターとして機能し、勝手にクランクを回してしまいます。

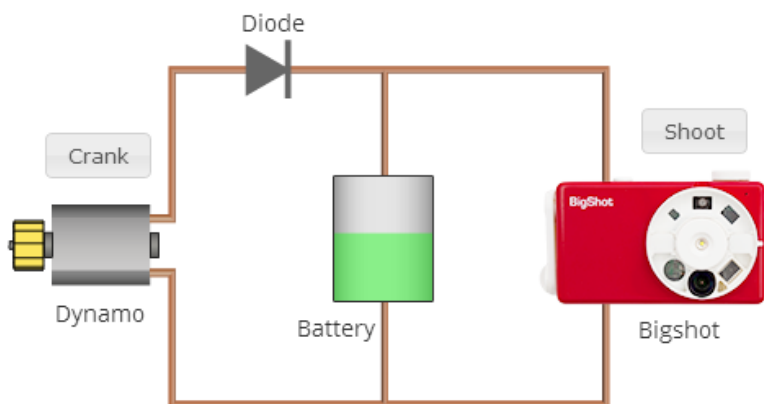



図８：簡単なビッグショットの電源回路７

リンク先の Figure8 の２つのボタン(Crank と Shoot)をクリックして、ダイナモ(Dynamo)の回転(crank)がどのように充電電池の充電に繋がるか、ビッグショット(Bigshot)での撮影(shoot)がどのように電池のエネルギーを消耗するのかを見てみましょう。

撮像レンズ

はじめに

カメラの真ん中にあるものといったらレンズです。一般的にはガラスか透明なプラスチックで作られているレンズでは風景から光を得て、焦点を合わせる事によって写真を作り出します。図９(a) から分かる通り、ビッグショットのレンズは、ガラスとプラスチックのパーツをホルダーに納めた構成になっています。図９(b)はレンズを正面から見たものです。

近代的なカメラは全てレンズを使用しますが、実はレンズなしでも写真を作ることが出来ます。一番最初に発明されたピンホールカメラはレンズの発明より先でした！

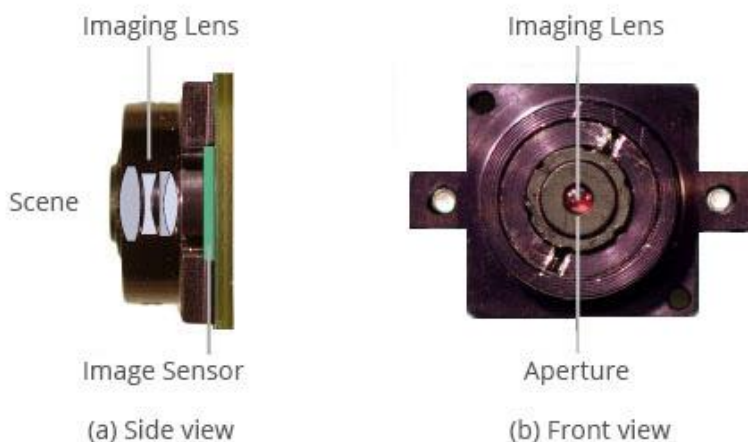



図９：ビッグショットのレンズ

ピンホールカメラ

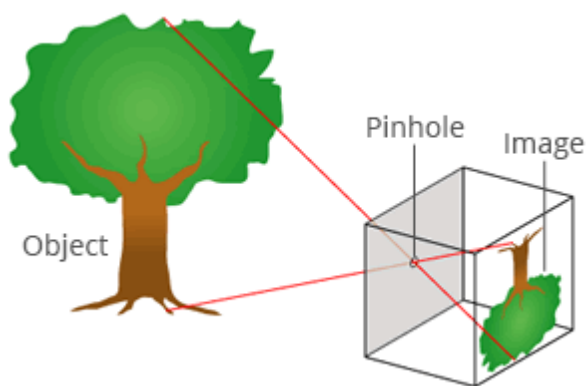



図１０：ピンホール

(Image Credit: Wikipedia)

図１１：遠近感の歪み

(Image Credit: Flickr/DeiselDemon)

ピンホールカメラ、又は *camera obscura*（ラテン語で暗い部屋）とはカメラの中でもっとも基本的なカメラです。閉じられた箱または空間の側面に小さい穴を開けるだけというシンプルな

構造です。（図１０　参照）ピンホールカメラは自力で作って楽しむ事も出来ます。作り方はクリック（英語のみ）してください。

図１０を見てみると、木の各点を通る光線がピンホール（穴）を通り、箱の反対側にあたっていることが分かります。これで箱の内部に木の映像が出来ます。この影像は肉眼でみたものと同じですが、上下が逆さまになっています。映像の木は、実際の木とピンホールの距離に関係し、撮影対象が遠ければ遠いほど、映像は小さくなります。例えば、図１１の線路の幅は、どこ箇所も一緒なのに、カメラから遠ざかるにつれ、狭くなって見えます。この現象を遠近感の歪みといいます。私たちも日常的にこの現象を体験しています。この現象は物体が自分からどれだけの距離にあるのかを図るのに役にたっているのです。

ピンホールカメラの仕組みにはジレンマがあります。くっきりとした映像をとらえるには、ピンホールが小さくなければなりません。しかし、穴が小さくなるにつれて、入ってくる光の量が減少するため、映像自体は暗くなってしまいます。ピンホールカメラのデザインでは明るく、かつくっきりとした写真を撮る事は出来ません。しかしレンズではそれが可能なのです。

屈折

光が１つの透明な素材から次の素材へ移ると（例えば空気からガラス、又は空気から水）境界

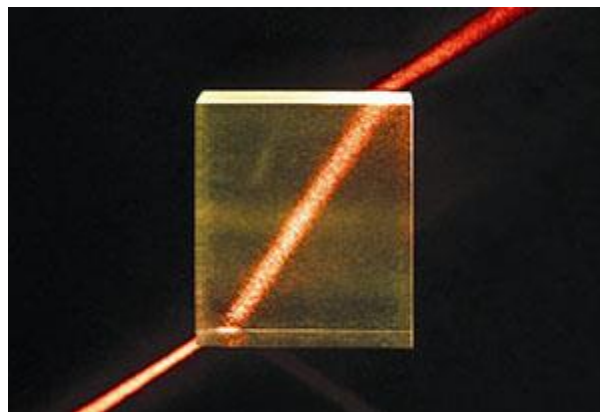



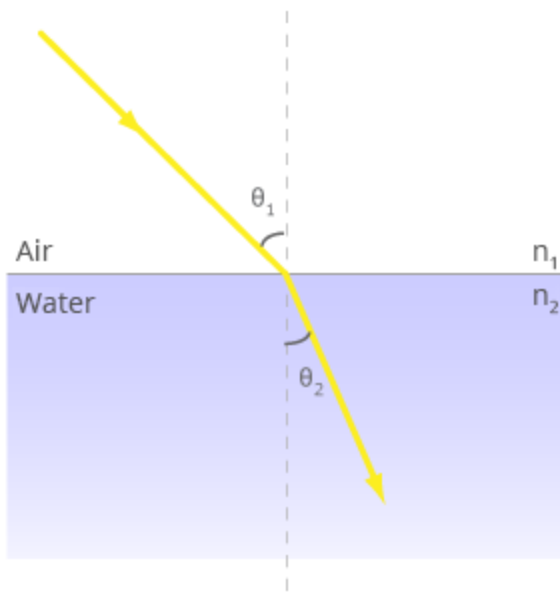
図１２： ガラス版での光の屈折（Image Credit: Santilli-Foundation）

線で曲がり、方向を変えます。この現象を屈折といいます。図１２からわかるように空気を通る光は、空気からガラスに入る境界線とガラスから空気に出る境界線で曲がっています。

屈折とは自然の中ではありふれた現象です。屈折無しでは、美しい虹や蜃気楼などの自然現象は起きません。日常でよく見かける屈折による現象には、プールが実際より浅く見えたり、底が歪んで見えたりする事が挙げられます。我々の目も、カメラも屈折によって映像をとらえています。では、屈折についてもう少し詳しくみていきましょう。

図１３は光線が空気から水に入るにつれて屈折する様子を表しています。屈折の角度は光線が境界線に交わる角度と両素材（この場合は空気と水）の屈折率によります。屈折率とは素材の持つ屈折させる力のことです。例えば空気と水の屈折率をそれぞれ順に n_1 と n_2, とします。スネルの法則によると表面に θ_1の角度で交わる光線は次の式[3]が表すように θ_2 の角度で屈折します：

図１３： 屈折の形状

$$n_1 \times sin(\theta_1) = n_2 \times sin(\theta_2).$$

この簡単な数式が眼鏡、カメラレンズ、望遠鏡や顕微鏡など、ほとんどの光学機器の基本であるのは驚き事ではないでしょうか。図１４のリンク先の Figure6 を参考に、いくつかの一般的な素材の屈折率を見てみましょう。

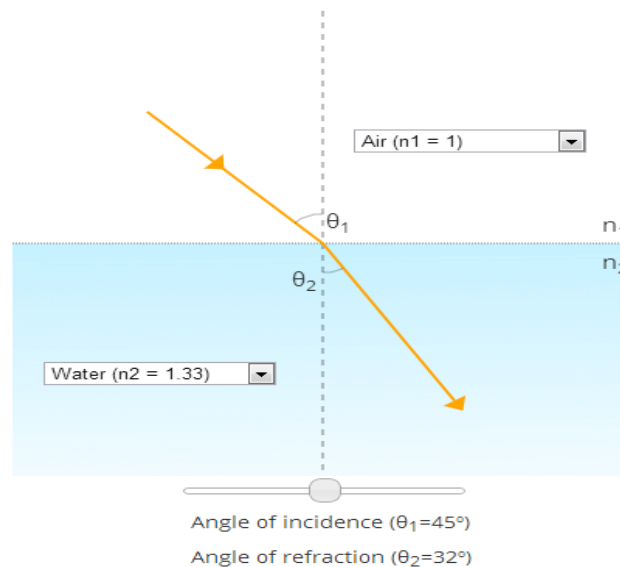



図１４：素材によっての光の屈折の違い

レンズの仕組み

レンズは一般的にはガラスかプラスチックで作られ、屈折を使って入ってくる光を集中するか拡散するかします。用途によって、適切な量の光の集中と拡散ができるようにレンズをデザインします。

ほとんどのレンズは球体です。レンズの表面はすべて球体の一部の形をしています。外に向かってふくらみの形を持つものを凸レンズ、真ん中に向かって窪んでいる物を凹レンズといいます。図１５、図１６から分かるように凸レンズは光を集中させ、凹レンズは光を拡散します。

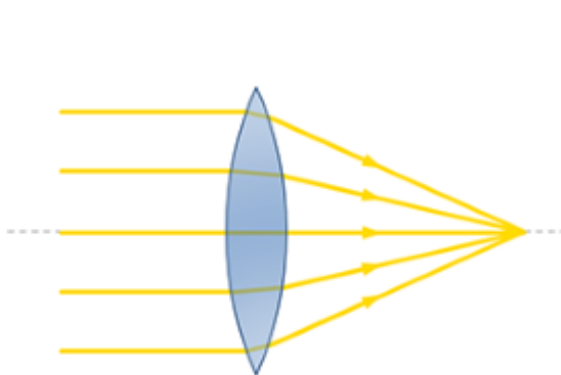



図 15: 凸レンズは光を集中させる

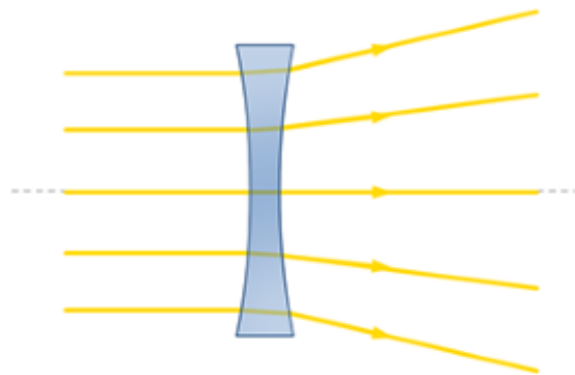



図 16: 凹レンズは光を拡散させる

ときどき、１つのレンズでは程よい屈折を得られない場合があります。この場合はいくつかの違う形や違うサイズのレンズを組み合わせて複合レンズを作ります。

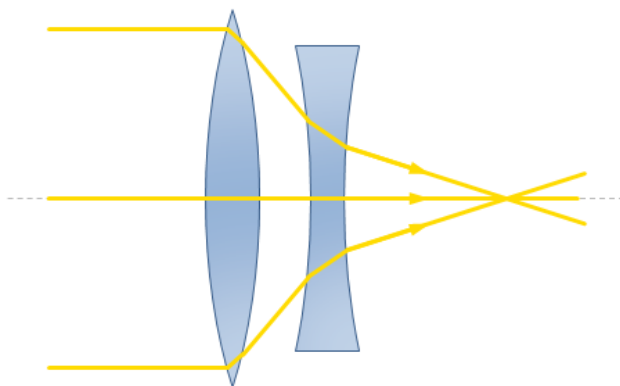



図１７： 凹レンズと凸レンズの複合レンズ

近代のカメラは複合レンズといくつかの複雑な形をしたレンズを使用して精度の高い映像を得ますが、その原理は一つの凸レンズで説明できます。薄いレンズがどのように機能するのか、見てみましょう。

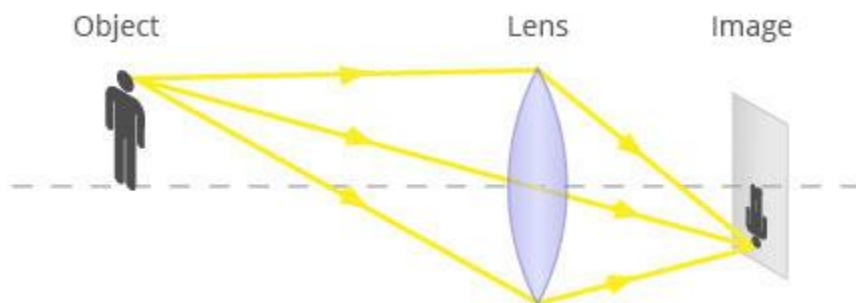



図１８：薄型凸型レンズを使った投影

薄レンズ: 単レンズ

友達の写真を撮るとします。頭のてっぺんなど、その友達の体の一点について考えてみましょう。その一点はあらゆる方向に光を放射します。友達の前に薄い凸レンズを置く事によって、図１８のように、光線を集めて一つの点に集中させる事が出来ます。ただレンズは友達の体の全てに同じ作用をするため、レンズの後ろ に完全な映像が作り出されます。光線が集中する場所に平板を配置すれば、撮られた映像が映し出されます。更に、平板ではなく、イメージセンサーかフィルムを置く事によって、映像を記録する事も出来ます。このようにカメラはレンズとイメージセンサーでできています。

イメージセンサーをどの位置におくべきか、とらえた影像の鮮明さや明るさはどのくらいであるべきかを計るためには、レンズの基本的な性質を知らなければなりません。

レンズの性質

開口: レンズにおいて、光を受ける全ての部分を開口（アパーチャーとも呼ばれる）と呼びま

図１９： 絞りを利用したレンズの開口の変化化

す。開口が大きい程、撮影対象の各点から受ける光の量が増えるため、映像は明るくなります。開口のサイズは、レンズの隣に配置されている絞りと呼ばれる調節可能な隔壁（ダイヤフラム）によってコントロールすることができます。つまり、暗い対象を撮影するときは開口を広げ、明るい対象を撮影するときは開口を狭めることになります。カメラの絞りは、人間の目の虹彩と同じ役割を果たします。図１９のリンク先のボタンをクリックして、レンズの絞りがどのように機能するのか見てみてみましょう。

焦点距離：図２０は簡単な凸レンズです。２つあるレンズの各表面は半径が R である球体の一部です。これらの球体の中心を結ぶ点線を光軸といいます。レンズは光軸に対して平行に入ってくる光線を焦点と呼ばれる１点に集中させます。 焦点とレンズの中心の間の距離の事をレンズの焦点距離(f)といいます。これはレンズの焦点（フォーカルポイント）を測るのに大事で、次の式が表すように レンズの曲率半径 (R)と屈折率 (n)と関係しています[3]：

$$f = \frac{R}{2(n-1)}$$

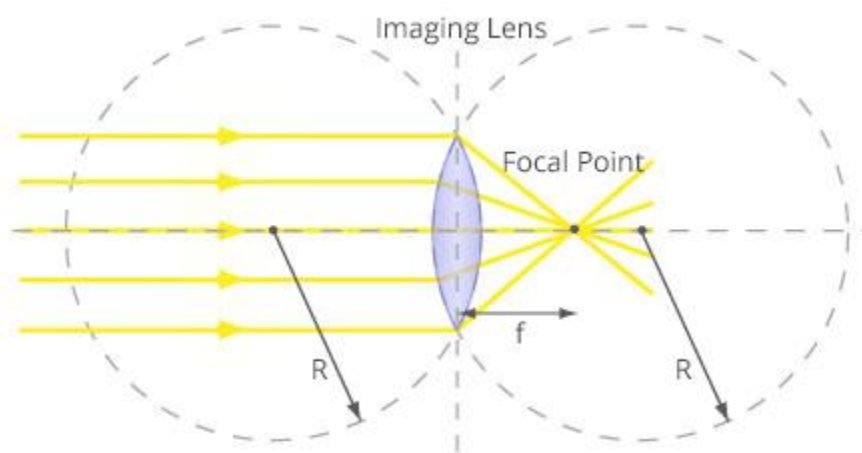



図２０： 凸レンズの焦点

厚く、曲率半径 R が短いレンズは焦点距離が短く、薄く、曲率半径 R が長いレンズは焦点距離が長くなります。焦点距離とはレンズにおいて最も重要な性質であり、どこに映像が作られるかを定めます。

焦点

薄い凸レンズで友達の写真を撮る例に話を戻しましょう。　あなたの友達（撮影対象）がレンズから o の距離に立っているとし、レンズの焦点距離が f だとしたら、友達の影像が形成される距離 i は、レンズの法則を使って求められます[3]:

$$\frac{1}{i}+\frac{1}{o}=\frac{1}{f}$$

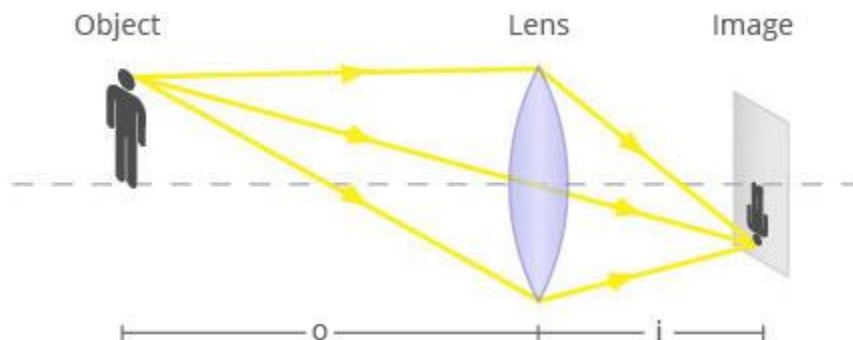



図２１：薄いレンズでの映像

上の式により、距離が o である対象においては、像の焦点が合うことが出来る距離 i は１つしか無いということがわかります。イメージセンサーがこの距離に配置されていないと、友達の像はぼやけてしまいます。そこで、ほとんどのカメラには センサーとレンズの間の距離を調節して撮影対象の像がぼやけないようにするための仕組みがあります。これを焦点合わせといいます。

像の見え方

図２２は撮影対象、レンズとイメージセンサーがどのように働くのかを表しています。リンク先の図の下の方のスライダーで、車(Car Position)、イメージセンサー(Sensor Position)、そして開口サイズ(Aperture Size)の位置を変化させてみましょう。イメージセンサーを前後に動かす事で、撮影された映像の車と後ろのビルの焦点が合ったりずれていたりしている事が分かります。イメージセンサーを前後させることで点線と焦点が合うので、焦点を合わせるには撮影対象がどこにあるべきかが分かります。ここでは、車を前に移動させる事で焦点が合います。すなわち、焦点が合っている映像をとるには、イメージセンサー、対象、もしくは両方を移動させる必要があります。

３つ目のスライダーを使って開口のサイズを変化させてみましょう。開口を広げると影像は明るくなります。広いサイズの開口は、影像の焦点が合ってない箇所を 更にぼやけさせ、狭いサイズの開口は影像を全体的にくっきりとさせます。開口のサイズをとても小さく穴のようにするとレンズはピンホールのようになりま す。先程習った通り、ピンホールはぼやけのない映像を形成できますが、映像自体はとても暗くなってしまいます。

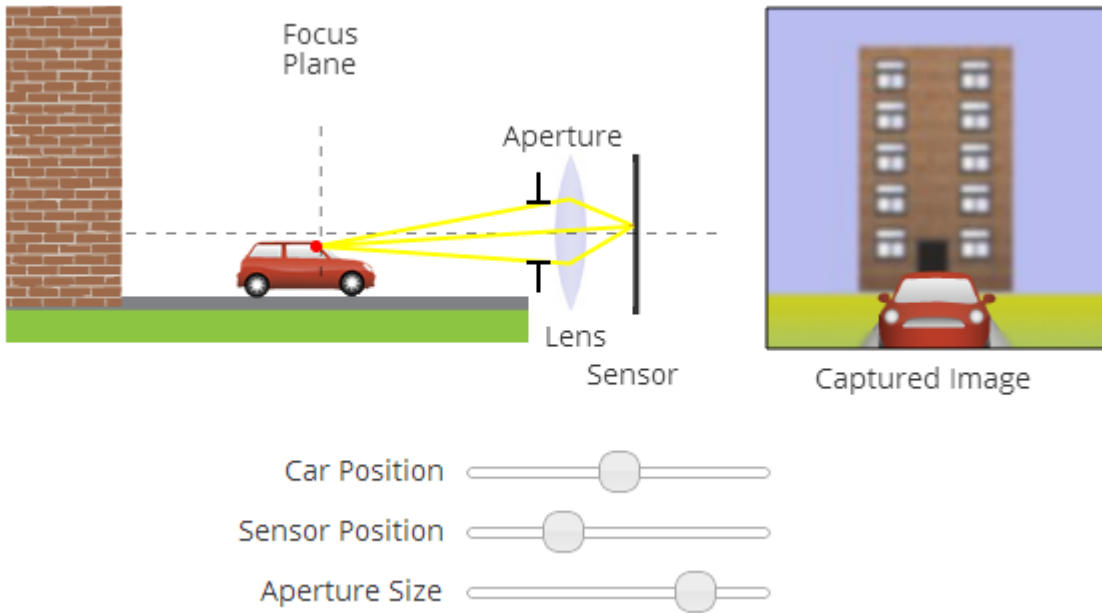



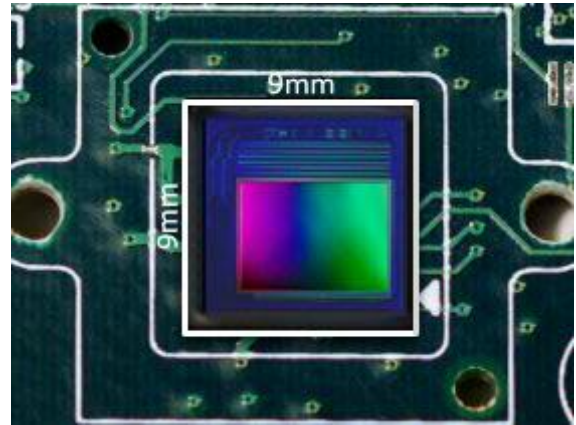
図２２： 映像の作られ方

写真を撮る過程についてもう一度おさらいをしてみましょう。風景からの光をレンズが受け入れ、イメージセンサーに映像を写し出します。レンズとイメージセンサーの間の相対距離を調節し、撮影対象に焦点が合うようにします。そこで開口サイズを調節して、映像の明るさを調整します。ここまで終えたら、 あとは実際に撮影するだけです。

イメージセンサー

はじめに

図２３：イメージセンサー

デジタルカメラでは、レンズが風景の映像をイメージセンサーと呼ばれる小さい電子チップ上に形成します。センサーはこの光を測定し、デジタル画像へと変換します。図２３はビッグショットで使用されているタイプのイメージセンサーです。イメージセンサーは人間の目の網膜と良く似た働きをします。網膜は、密集した光検出の細胞のグリッドにより光を電気信号に変換します。この信号は能へと運ばれ、そこで映像として認識されます。同じように、ビッグショットのイメージ センサーもグリッド状に画素(ピクセル)とよばれる探知機を持っています。図２３のリンク先の図にマウスをおき、イメージセンサーのピクセルが顕微鏡を使うとどのように見えるか見てみましょう。光にさらされると、各ピクセルは光の明るさに対して相応の電荷を発生させ、その電荷は数値へと変換され、メモリーに保存されます。全てのピクセルから集められた数値によってデジタル画像が完成します。
では、次はイメージセンサーはどのように機能するのか、詳しく見てみましょう。

ピクセル：画素

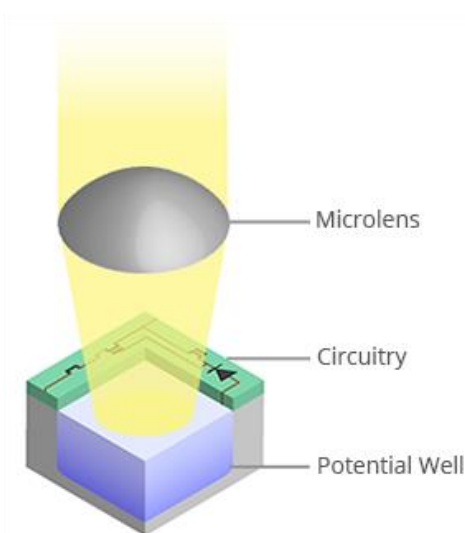



図２４：ピクセルのしくみ

デジタルイメージセンサーは小さい画素、又はピクセルと呼ばれる感光素子をグリッド状にしきつめたものです。各ピクセルは一般的に数ミクロンの幅しかありません。１ミクロンは、１メートルの１／１００万の長さです。図２４は、１つのピクセルの構造のイラストです。ピクセルの探知機（青の部分）は一般的にシリコンで作られ、光に敏感です。 光がピクセルに当たると、そのエネルギーの一部がシリコンの原子内の電子に移動します。 エネルギーが十分であれば、電子は原子から分離します。この現象を光電効果といいます[4].

分離した電子はポテンシャル井戸(Potential Well)と呼ばれるバケツのようなエリアに貯められます。分離する電子の量、すなわちポテンシャル井戸に貯められる電荷も、直接的にピクセルに当たる光の量と関係します。光が強い程、多くの電子が放たれます。つまりポテンシャル井戸内の電圧はそのピクセルの画像輝度を測るのに使えます。
ビッグショットは相補型金属酸化物半導体、略して CMOS（シーモス）と呼ばれるイメージセンサーを使用しています。CMOS センサーの各ピクセルには、ポテンシャル井戸の電圧を測るための回路が設置されています。[5] 図２４を見て分かる通り、この回路はピクセルごとに光検出

器として使用できるはずの大事な部分を消費してしまいます。この問題を解決するために、全てのピクセルにはマイクロレンズ（小さいレンズ）が取り付けられていて、これらは入ってくる光を回路から遠ざけ、探知機に向けます。よって各ピクセルは撮像レンズによって集められた光を受光する事が出来ます。

イメージセンサー：ピクセルのグリッド

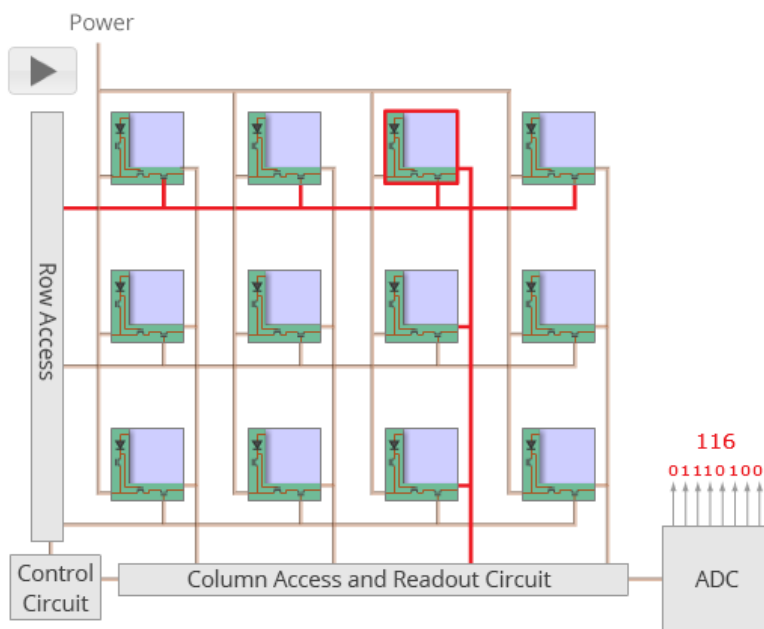



図２５：読み出し回路のイメージ

イメージセンサーとは、ピクセルを２次元のグリッド状に配置した物です。グリッド上のピクセルの数を、イメージセンサーの解像度（レゾリューション）といいます。ビッグショットには３メガピクセルのセンサーを搭載しているため、３００万ピクセル近くある事になります(1536 列、2048 行)。

図２５は小さい（３x４）のグリッドのピクセルのイラストです。各ピクセルにはマイクロレン

100	100	0	0	0	0	255	255
50	0	50	50	50	50	255	255
50	0	50	255	255	255	255	255
50	0	50	255	255	255	255	255
50	0	50	255	255	255	255	255
50	0	50	50	50	50	255	255
100	100	0	0	0	0	255	255
100	100	50	50	50	50	255	255

(a)

(b)

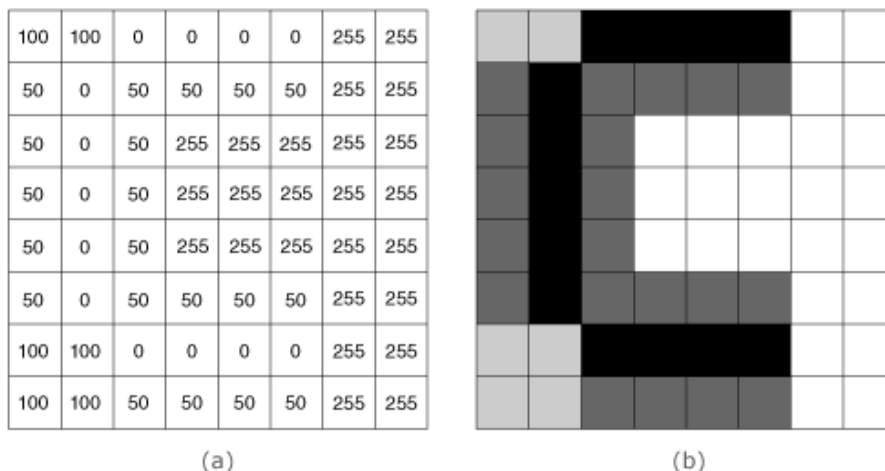



図 26: : 画像のデジタル、そして視覚的な表現

ズと外部の読み出し回路に繋げられている回路が設置されています す。各ピクセルは、ピクセルに当たる光に相応した量の電圧（ボルトで測定）を発生させます。グリッド全体の電圧は１ピクセルずつ読み出されアナログデジタルコンバーター（ADC)によって数値化されます。リンク先の図の左上の再生ボタンをクリックして読み出しの過程を見てみましょう。

読み出しの過程の結果は数字の２次元の整列で、これをデジタル画像といいます。各数字は対応するピクセルに当たっている光エネルギーを表しています。８−ビットのセンサーでは、黒は 0、白は 255 で、間の数字は全て灰色のバリエーションです。図 26 をみると、左側には数字の組み合わせが、右側には対応する輝度レベルが表示されています。
上の解説のピクセルは、当たっている光の輝度しか測る事が出来ません。色を測定する事は不可能です。

色とはなにか

我々の目は数百万もの色を感知することが可能です。驚く事に、このうちほとんどの色は、光の３原色である赤、緑、青を色々な比率で混ぜ合わせる事で作る事が出来ます。[6]

図２７のデモンストレーションはこの現象を見せてくれます。スライダーを調節して原色の量を変えてみましょう。色を１つイメージし、どの割合で赤、緑と青をどの量だけ混ぜ合わせればその色を再現できるか、予想できますか？
このデモンストレーションは、色を感知できないイメージセンサーでどのように使用して色を測定するかを解明するヒントとなります。イメージセンサーの前に赤色フィルター（赤色の透明プラスチック）を置くと、各ピクセルにどれだけ赤い光が当たっているかを測定する画像が出来ます。青と緑のフィルターを使用して、同じように画像を２つ撮ると、各ピクセルが当たっている赤、緑、青の光を全て測定する事になります。この３つの画像を組み合わせれば、撮影対象のカラー画像が出来ます。では、３つの画像を撮らずに１つの過程で同じだけの情報を測定することが出来るでしょうか？

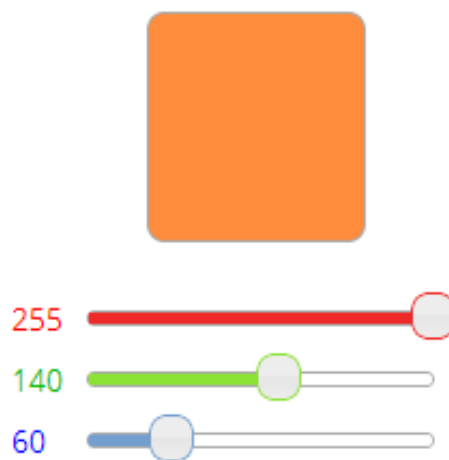



図 27:色ミキサー

フィルターモザイクを使用した色の測定

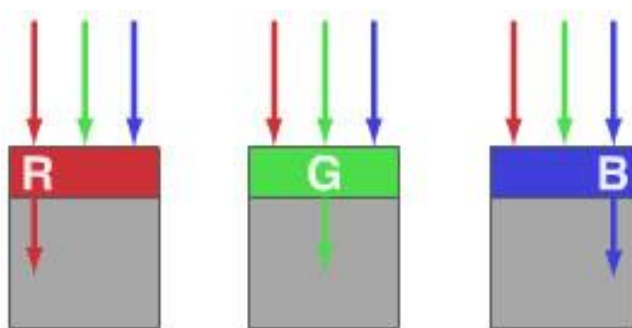



図２８: カラーフィルター付きのピクセル

残念ながら、１つのピクセルに同時に当たっている赤、緑、青の光を測定する簡単な方法はありません。赤色フィルターがついているピクセルは、入ってくる光の赤い部分だけを通し、緑と青の部分は通しません（図２８参照）。同じように、緑と青のフィルターもピクセルに、そのフィルターの色の光だけを通します。
ビッグショットのイメージセンサーは、大半のイメージセンサーのように小さい赤、緑と青のフィルターで出来たモザイクを使用しています。各フィルターはピクセルのマイクロレンズの下に設置されています。良くあるモザイクのデザインが図２９のベイヤー配列です[7]さて、問題は赤、緑、青のどれかしか受ける事が出来ない１つのピクセルが、当たっている光の中の赤、緑、青の量をどのようにして推定するかです。

図 30a はベイヤー配列の 3x3 のグリッド状のピクセルを表しています。各ピクセル上の数字がそれぞれ測定した赤、緑、青の光量を表していると仮定します。 例えば、中心のピクセルの赤の成分は 246 ですが、緑と青の数値は未確認です。緑と青の量は、近くにある緑と青を測定するピクセルによって推定されます。この過程を補間といいます。
補間を計算する一番簡単な方法は、周りの同色のピクセルの数値の平均を求めるやり方です（図 30b 参照）。緑成分の補間値は(163+165+161+155)/4=161 で、青成分の補間値は(192+190+186+188)/4=189 です。図 30b の中心ピクセルの最終的な色は、測定された赤の数値と補間された緑と青の数値を組み合わせることで(246,161,189)構成されます。

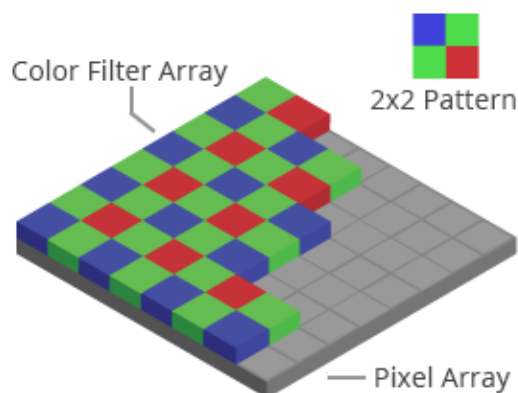



図 29:ベイヤー配列

図 30: 色補間

このように、各ピクセルには３つの数値が与えられます。 ピクセル自身のフィルターを通して測定する値と測定できない２つの色の補間値です。全てのピクセルに補間値を与える事で、完全にカラーで画像を再現することができます。この色補間のプロセスをデモザイクといいます。図 31 のプレーボタンをクリックして、デモザイク処理を見てみましょう。

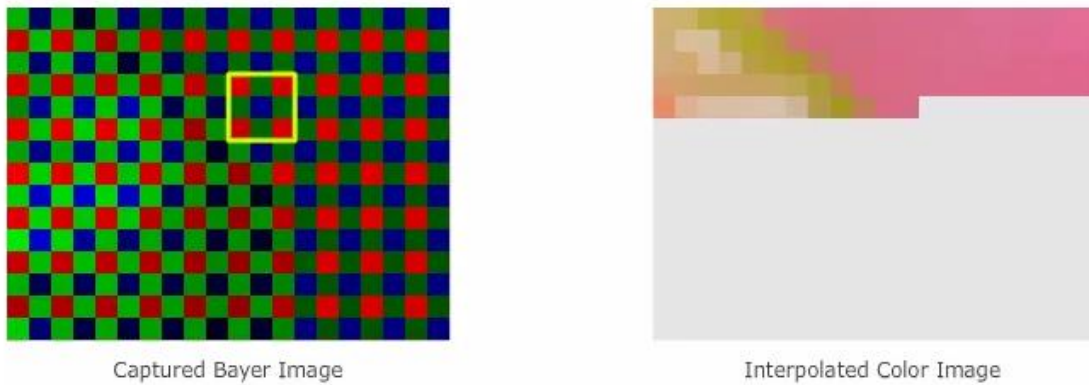



図 31:デモザイク処理

ポリオプティックホイール

はじめに

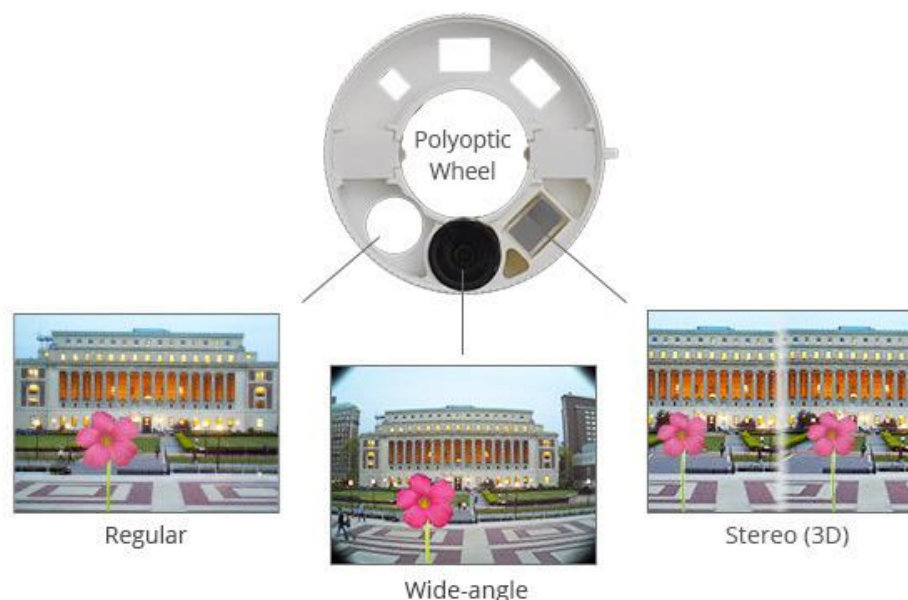



図 32: ビッグショットのポリオプティックホイールで撮影可能な画像の種類

コンパクトで折り畳み式の本体にナイフ、スクリュードライバーやハサミなどを入れたSwiss Army® の十徳ナイフを見た事があると思います。ビッグショットのポリオプティクホイールも同じように、光モジュールをいくつか搭載しており、写真家としてのあなたの可能性をおおいに広げます。これらの光モジュールでは、ビッグショットのプリント基板（PCB）と連携して、普通、広角（パノラマ）、そしてステレオ（3D）３種類の写真が撮れます。図３２から分かるように、広角の写真は歪んで見え、ステレオの写真は同じ画像の２つの見え方をそろえています。これらの写真はカメラからダウンロードされると自動的に処理され、最終的なパノラマ、３D の写真として再現されます。この章では、レンズ・ホイールがどのように機能するのかを見ます。

無焦点レンズ

メインのレンズ（レンズホイール外で、カメラの PCB に搭載されている物）は固定されているので、ホイールのモジュールが余分な焦点合わせをしてしまうと、最終的に撮影された画像がぼやけてしまいます。つまりモジュールのレンズは入ってくる光線を集中させたり拡散させたりしない必要があり、図３３からわかるように平行に入ってくる光線の方向と太さを変えることだけが要求されます。このような光モジュールはアフォーカル（無焦点）[8] と呼ばれ、画像の鮮明さを保ちつつ（焦点）主要レンズの視界を広げたり狭めたりすることができます。[9].

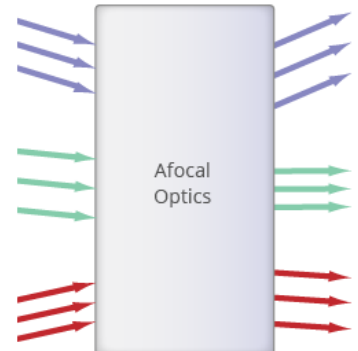



図 33:無焦点レンズ

レギュラーレンズ

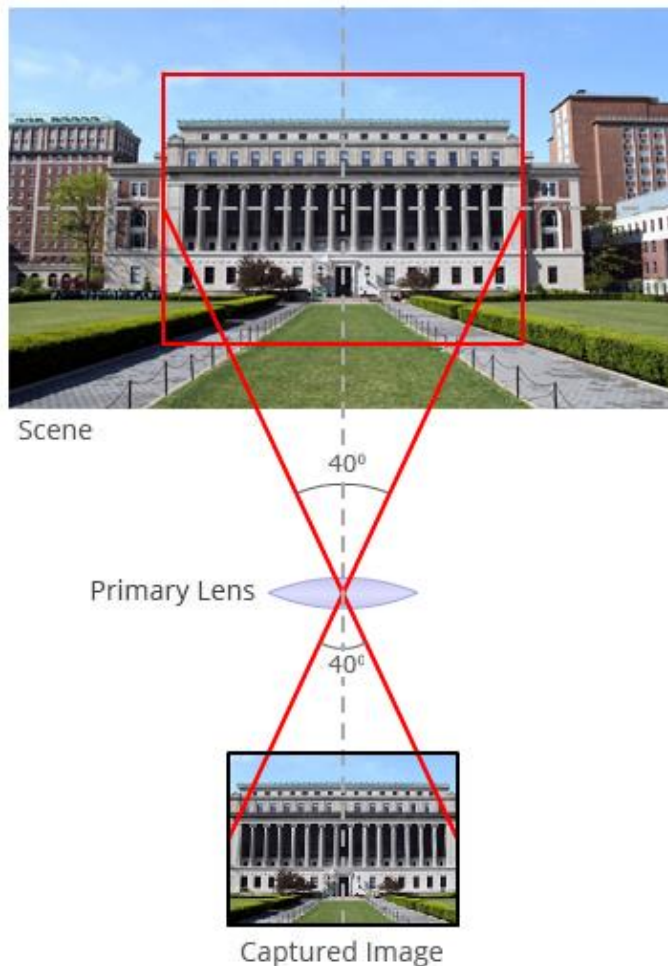



図 34: メインレンズによる像形成

ポリオプティック・ホイールの最初の設定を使って、他のカメラ同様、普通の遠近感での撮影ができます。この設定では、ホイールは光モジュールを使用せず、撮影対象の光がただの穴を通して PCB の主要レンズにとどきます。図３４はビッグショットのメインレンズを単レンズとして簡略化したイメージで、このレンズは左右の方向に 40°の視界があることがわかります。レンズはこの視野（赤い長方形で表されている）をイメージセンサー上に写し出します。レンズがどのように機能するのかを調べるには、撮像レンズの章をご覧ください。

広角レンズ

ポリオプティックホイールの２つ目の設定は、水平の視界（FOV)が８０°あるパノラマ写真を撮ることを可能にします。この設定では、ホイールの広角レンズが PCB の主要レンズと連携します。撮影された画像は膨らんで見え、これを樽型ひずみといいます。カメラからダウンロードされるとビッグショットのソフトウエアにより、画像は歪みのないパノラマ写真へと変換されます。

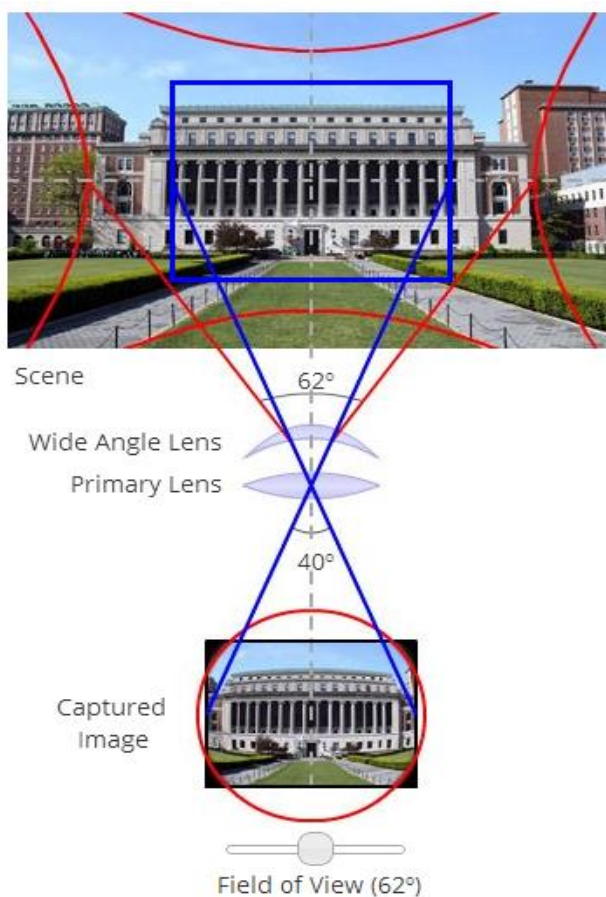



図 35:広角レンズでの撮影

図 35 は広角レンズと主要レンズとで撮影された FOV（Field of Vision)（赤い長方形の部分）と、主要レンズだけで撮影されたもの（青い部分）を比べた物です。広角レンズは決まった形がありますが、レンズの設計者が視界の広さを変えるためにレンズのデザインにどのような手を加えるのかをスライダーを使って検証することができます。

ステレオプリズム

1838 年にイギリスの科学者、チャールズ・ホイートストンが人間の目が奥行き（自分から対象物への距離）を感知できるのは、両目が左右に分かれているからだという発見をしました。[10]　片方の目は、もう片方の目と同じ物を見ますが、視点が微妙に違います。この２つの像の間で対象物の位置は少しずれており、この相対的なずれは対象物までの距離によって変化します。対象物が近いほど、ずれが大きくなります。脳は、この２つの像を使って風景の中の対象物の奥行きを推定することができます。つまり、２つの目が同じ対象風景に対して違う視点を持っている場合（ステレオペア）脳は奥行きを知覚することができます。この技法を実体視法といいます。

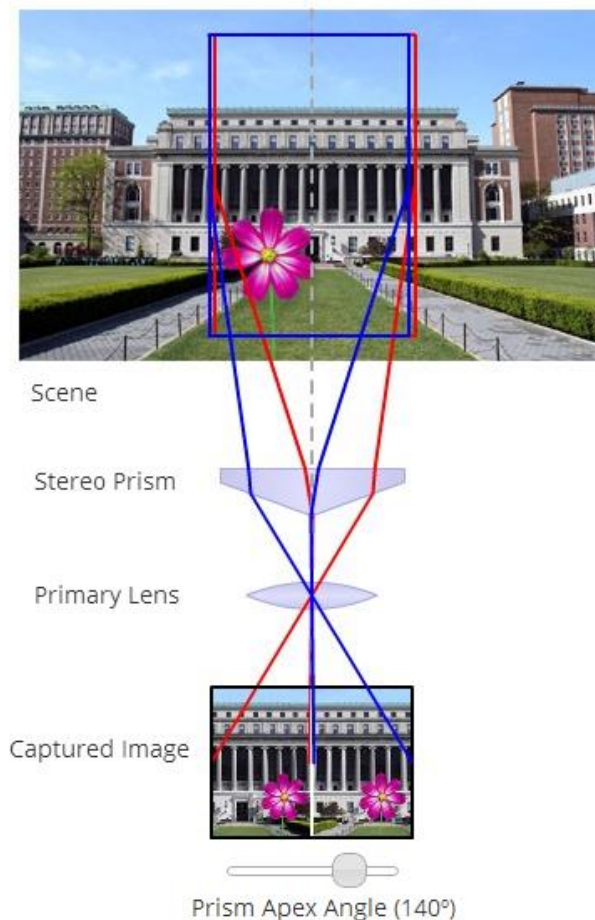



図 36：バイプリズムの使用によるステレオ（３D）画像

アナグリフ（３D：立体写真）とは片方の画像の赤色がもう片方の画像の青と緑の色と合わさる特殊なステレオペアです。２つの画像の間では、対象物はずれているので、普通にみるとアナグリフはぼやけて見えます。3D で画像をみるには、赤と青緑色の着色レンズを使った眼鏡（片方のレンズが赤色で、もう片方が青緑色）を使用する必要があります。赤いレンズの目はアナグリフのうち１つ目の画像の赤い部分だけをみることができ、青緑色のレンズの目は２つ

目の画像の青と緑色の部分だけを見ます。その情報を受け、能は２つの眺めを融合させて奥行きを知覚します。
従来、ステレオペアは２つのカメラを横並べにして撮られていました。しかし、ビッグショットは、簡単なバイプリズムを使ってステレオペアを得ます。[11] [12]
図３６のリンク先の図は、バイプリズムがどのようにしてステレオペアを撮るのかを具体的にあらわしています。もしバイプリズムがなかったら、（スライダーを左に動かしてプリズムを平にしてみてください）撮られた画像は撮像レンズが撮った１つです 。バイプリズムを用いる事によって（スライダーを真ん中に動かしてください）赤と青の長方形が示すように、主要レンズの FOV が半分に分割されます。この２つの眺めは２つの横並びの視点ですが、同じイメージセンサーによって感知されます。このステレオペアがカメラからダウンロードされると、ビッグショット のソフトウエアによってアナグリフが作られます。このアナグリフを赤／シアンの着色眼鏡を使用する事によって、写真を３D で楽しむ事ができます。

ホイールポジションセンサー

パノラマ写真や 3D 写真を作成するには、撮影された広角写真やステレオ写真を最後にコンピュータソフトを使って処理しなければなりません。しかし、画像タイプによって処理が異なるため、ソフトウエアは、画像を処理する前に対象が広角画像かステレオ画像かを識別するための情報必要とします。このために、ビッグショットは写真を撮る際にホイールの設定を感知するホイールポジションセンサーを使い、その情報を
画像の中に記録します。

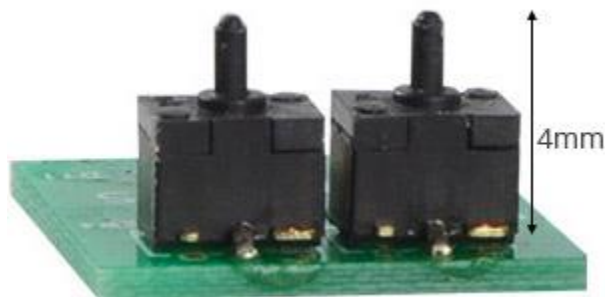



図 37: マイクロスイッチ

ホイールポジションセンサーは、単純に２つの小さい押しボタンスイッチの機械（図３７参照）をレンズホイールの後ろに設置したものです。このスイッチはとても敏感で、少量の力でオンにすることが出来ます。

レンズホイールの裏には溝と凸が、３つのホイールのポジションによって違う組み合わせでスイッチを押すように、正確に配置されています。図 38 から分かるように、ホイールが普通の設定の場合は、S1 がオフで S2 がオンとなっています。ホイールがパノラマにセットされると両方のスイッチがオフになります。最後に、ステレオにセットされると S1 がオンで S2 がオフになります。カメラはこのスイッチのオンとオフをそれぞれ 1 と 0 で読み取り、この情報を撮られた写真に記録します。これらの設定を表す０と１の数列を２進系列と呼びます。
二進計数： 先程見た通り、ホイールの３つのポジションは 01,00,10 の３パターンの二桁分の２進系列によって識別されます。もしも更にモジュールの数が多い（この数を M とします）ホイールがあったとしたら、M 個のポジション設定を正確に識別するには、スイッチがいくついるでしょうか？

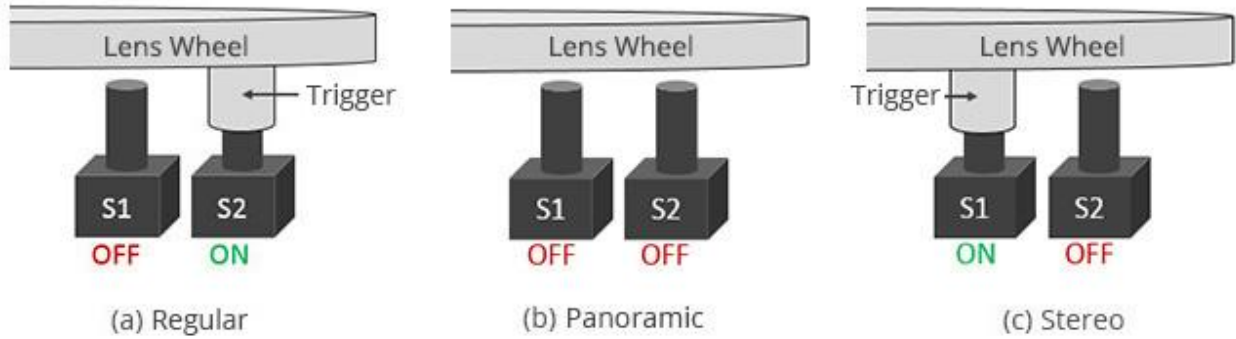



図 38: レンズホイールの３つの設定を感知する２つのマイクロスイッチ

この問いに答えるには、２進計数について理解する必要があります。２桁の２進系列には次の４つの値が可能です：00, 01, 10 と 11。４つのポジションを識別するには２個のスイッチが必要です。３桁の２進系列を見てみましょう。この場合は次の８つの値があります：000, 001, 010, 011, 100, 101, 110 と 111。これから８つのポジションを押さえるには、３つのスイッチが必要だと言う事が分かります。基本的に、N 個のスイッチがあるホイールポジションセンサーは 2^N 個までのセッティングを識別できます。例えば、図３９は４つのスイッチで１６のホーイルポジションを識別できます。３つのボタンでホイールの位置を調節して、スイッチの入り切りを見てみましょう。

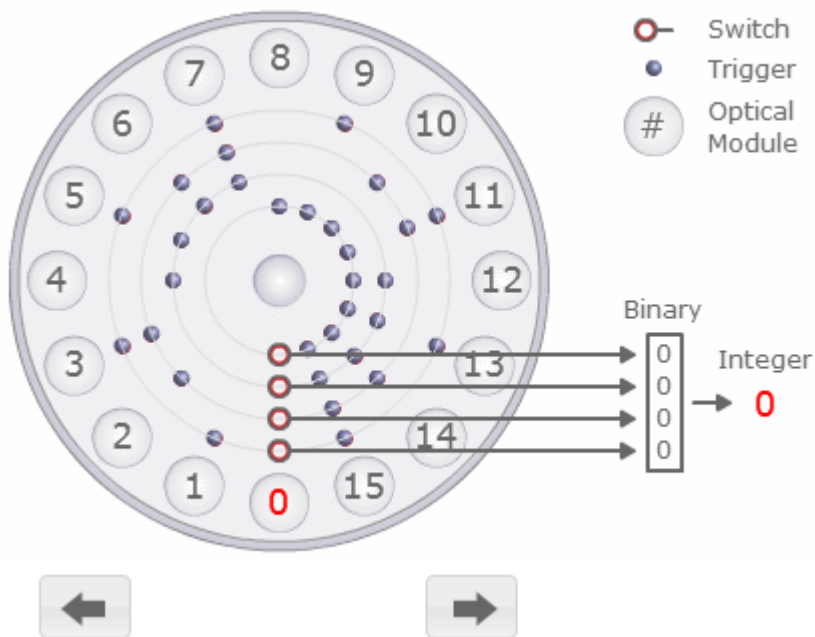



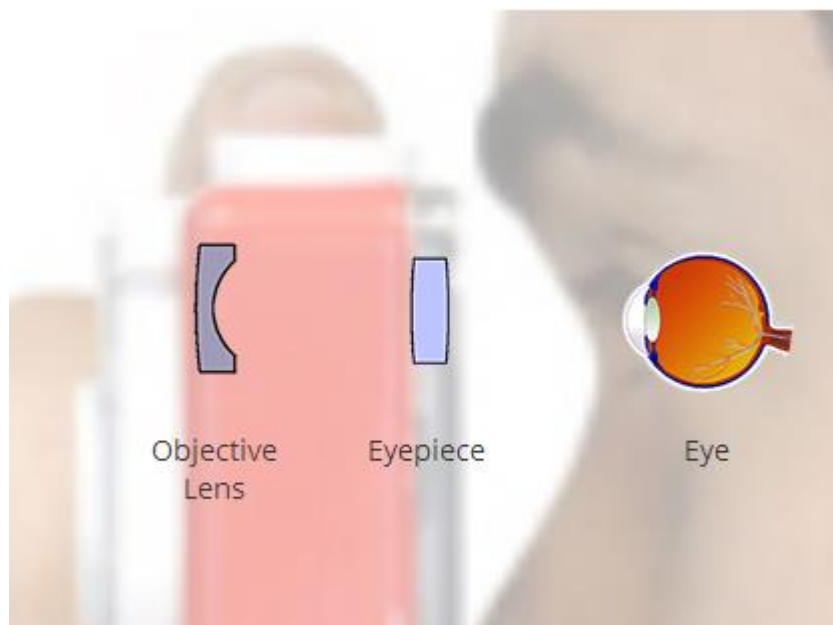
図 39：２進計数によって、４つのスイッチで１６の設定を識別する事ができる

ファインダーと目

図 40: ビッグショットのファインダー

はじめに

カメラのファインダーは写真と撮影者がカメラのレンズに収められる視界を確認するために覗き込む小さい窓のような物です。ユーザーが写真を撮る前に像を枠取るためにつかいます。

ファインダーは一般的にはカメラのレンズの上に配置されているレンズです。カメラのレンズとは違い、自身が光を集中させて画像を作るというデザインではありません。実はユーザーの目の中のレンズを使い、目の中の網膜に画像を写し出すのです。図 40 はユーザーがビッグショットのファインダーを覗いている様子のイラストです。図 40 のリンク先では、カーソルを対象に合わせて触れる事で、ファインダーのレンズと目の構造を見ることができます。

ファインダーの光学

図 41 はビッグショットのファインダーを構成する２つのレンズを表しています。ビッグショットの裏カバーについている接眼レンズ、表カバーについている対物レンズの２つの事です。目の中のレンズと共に、ファインダーはカメラのイメージセンサーと同じ視界を持つ焦点の合った画像を形成する複合レンズとなります。

光学の用語では、ファインダーは無焦点（アフォーカル）といいます。[13] 光線を集中させたり拡散させたりしないという理由からこう呼ばれています。（図 41 の光線を参照）ユーザーにカメラのレンズの視界に近いを提供するために、 実際に変化を及ぼすのは光線の方向と太さだけです。入ってくる光から網膜に画像を映し出す役割を持つのは目の中のレンズになります。

一般的にファインダーはカメラの上に設置してあるため、カメラとユーザーは微妙に違った位置から撮影対象を見ている事になります。結果として、ファインダーで見た眺めとカメラが収める画像とでは多少のずれが生じ、これを視差といいます。対象が近い程視差も大きくなりま

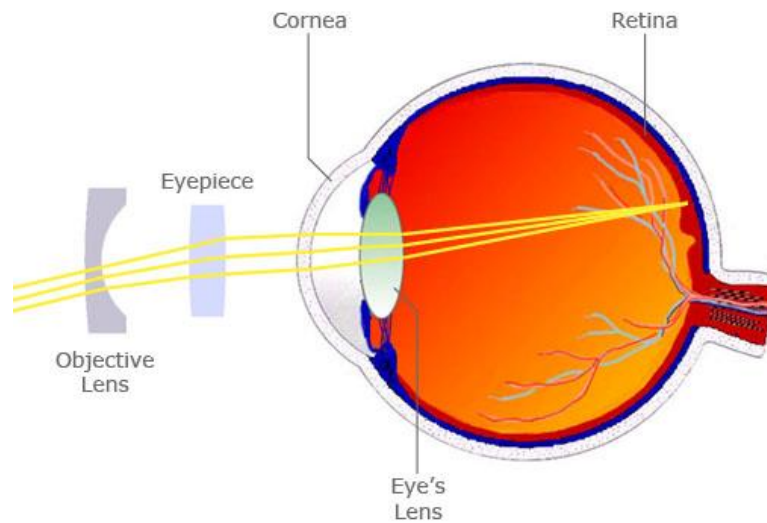



図 41: ファインダーの光学

す。ただ、カメラと対象に距離を置けば、急激に減少し、遠い撮影対象に関しては取るに足らないずれになります。

ファインダーステンシル

View aperture　View through viewfinder

Regular　Wide Angle　Stereo

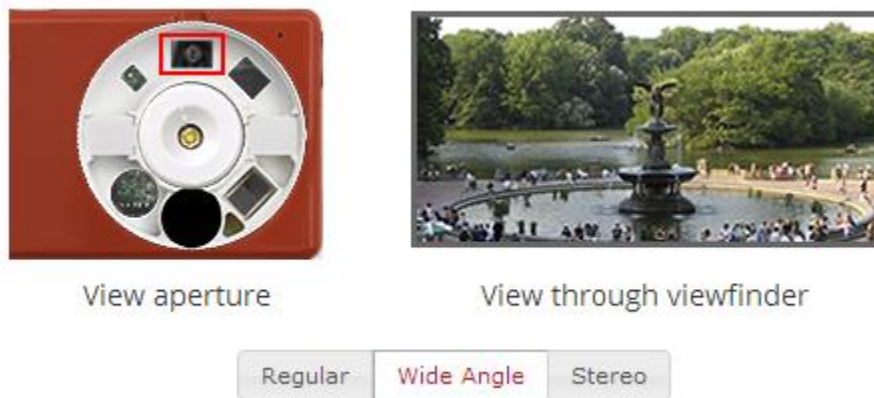



図 42: ファインダーステンシル

ファインダーの役割は写真を撮る人にカメラによって撮像される画像と同じ物を見せる事で、写真の枠取りを出来るようにする事です。しかし、ビッグショットのポリオプティクホイールには数種類のレンズがあり、それぞれ違う水平の視界（FOV)を持っています。ホイールには３つの設定があります。40°の FOV を持つ普通モード、80°の FOV を持つ広角モード、そして 16°の FOV を持つステレオモードの３つです。それぞれの設定に対応して、ビッグショットは撮影者に対して、どこからどこまでが撮影可能かを教えなければなりません。

ビッグショットは最も簡単な方法で私たちに撮影可能な視界を教えてくれます。２つのファインダーレンズは（対物と接眼は両方ともレンズのどの設定よりも広い視野を持つようにデザインされています。図 42 を見て分かるようにポリオプティクホイールの上半分には３つの切り抜き（ステンシル）があり、ファインダーの視界を狭める働きをします。これらのステンシルのサイズと配置は、レンズ設定に合わせてユーザーが正しい視界でファイダを覗けるようになっています。図 42 のリンク先の３つのボタンをクリックしてファインダーのステンシルがどのように働くかを見てみましょう。設定によってユーザーが見る事の出来る眺めが右側の画像に反映されます。

人間の目

人間の目［14］は非常に優れた器官です。カメラのように、目は光を屈折させて焦点のあった画像を作り出す事が出来ます。この画像は記録され、処理され、脳へと運ばれます。実は近代のカメラのほとんどのメカニズムや特性は、人間の目の構造がもとになっています。

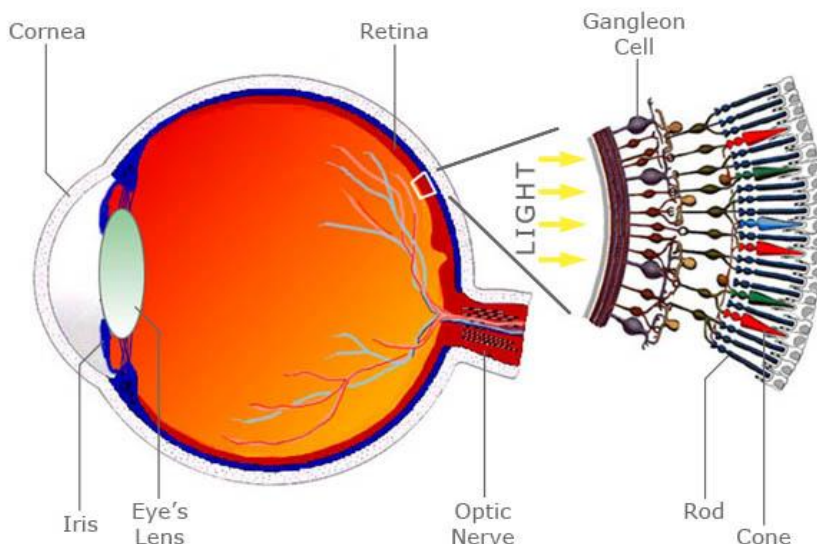



図 43: 人間の目の構造 (Image credit: webvision.umh.es)

目は本質的に水のような液体で満たされている球体（眼球）です。球体の前には角膜と呼ばれる透明のカバーがあります。角膜には目を守る事と目に入る光を屈折させる事の２つの役割があります。光が角膜を通過すると、その一部が瞳孔と呼ばれる入り口（アパチャー）を通ります。虹彩（目の色がついている部分）と呼ばれるダイアフラムの働きが、光が少ないときは瞳孔を広げて光を入れ、明るいときは狭めて、入る光の量を減らします。
瞳孔を通る光は、目の透明な繊維状の撮像レンズに入ります。大部分のカメラレンズとは違い、目のレンズは形を変えることが出来ます。レンズのこの性質は、焦点を合わせるのに使われます。レンズは近い物を見るときはつぶれ（更に曲がる）遠い物を見るときは緩まります（平に近づく）。

画像の焦点が合わさる内側の表面のことを網膜と言います。網膜には杆体と錐体と呼ばれる感光細胞（視細胞）が含まれています。 杆体は表面に形成される画像の輝度を感知し、錐体は色を感知します。これらの細胞は輝度と色の情報を神経インパルスとして視神経をとおして脳まで送ります。脳はこのインパルスを得ると画像として解釈します。

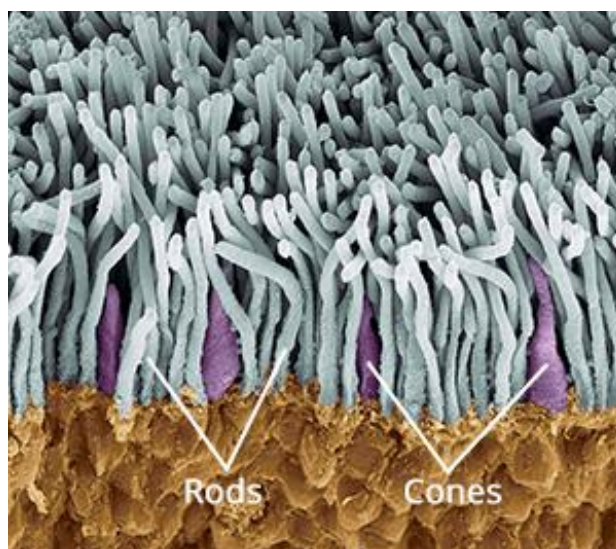



図 44: 網膜の 杆体と錐体

これらから分かる通り、近代のカメラと人間の目は驚く程構造が似ています。カメラは目と同じ機能を得るために作られただけでなく、メカニズムを忠実に真似ています。カメラのレンズは人間の目と角膜によく似ていて、カメラのアパチャーは瞳孔のような働きをし、イメージセンサーは網膜の作用を担当し、ピクセルは杆体と錐体に似た働きをします。

LED フラッシュ

はじめに

図 45: 発光ダイオード

光が足りない中で撮った写真は暗く写ります。よって一般的にはほとんどのカメラにフラッシュがついています。写真を撮る際に、カメラが風景が暗すぎると判断すると、写真を記録する前にフラッシュで風景を照らします。
ほとんどのカメラはこのフラッシュにキセノンバルブを使用しますが、ビッグショットは発光ダイオード（LED）を使用します。キセノンバルブほどは明るくなりませんが、LED の方が小さく、寿命が長く、必要とするエネルギーも少ないため、効率的です。消費するほとんどのエネルギーは光に変換され、熱となって無駄になるエネルギーはごくわずかです。
こういう利点から、LED はテレビ、パソコンモニター、信号や電灯など、我々の生活に欠かせない機械に使用されています。最近は家庭の照明や車のヘッドランプなどで使われたりもします。図 45 はエポキシバルブの中に設置されている LED の写真です。続いては、LED がどのように機能するかを見てみましょう。

発光する半導体

半導体とは、ある程度電気を伝導できる素材です。ある程度というのは、絶縁体よりは伝導するが、伝導体には劣ると言う意味です。この性質は半導体特有のものであり、とても便利な機能です。良くある半導体の素材として、シリコン、ゲルマニウム, ガリウムヒ素や炭化ケイ素などがあげられます。半導体は近代的な機械類の基盤になるもので、電話やコンピューターなど身近な機械に使われています。

半導体とは純粋状態（普通）である場合は、不純の場合と比べるとそれほど役に立ちません。半導体は半導体の原子に電子を足したり、電子を取り出したりすることで、不純状態にすることが出来ます。図 46 から分かるように、n-タイプの半導体には余分な電子があります。p-タイプの半導体は「穴」を作るために一つ以上の電子が取り出されていがあります。 p-タイプの半導体は「穴」を作るために１つ以上の電子が取り出されています。陰電荷である電子が不足し

ているため、この穴は陽電荷です。一般的には電子と穴が合わさると、結合し直します。再結合中に電子は半導体のタイプによって、熱か光かの形でエネルギーを失います。

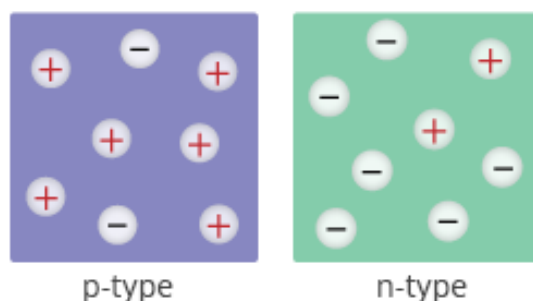



図 46:n タイプと p タイプの半導体

LED は n タイプと p タイプの半導体と、穴と電子を再結合させる過程を利用して光を発生させます。半導体素材によって発生する光の色（波長）が異なります。例えばアルミニウムガリウムヒ素は赤、窒化インジウムガリウムは緑、セレン化亜鉛は青の光を発生させます。

発光ダイオード

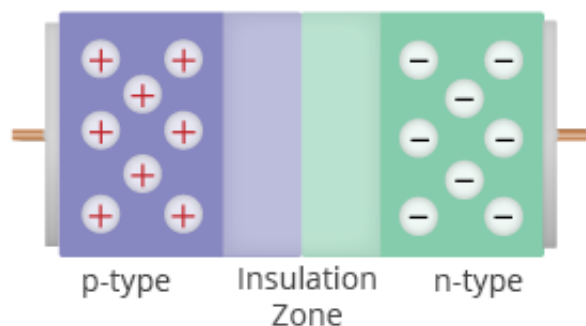



図 47: ダイオード

ダイオード（pn 接合とも呼ぶ）とは図 47 のように n-タイプと p-タイプの半導体を合わせた電子装置です。この２つの半導体を合わせると、境に弱い絶縁ゾーンが形成されます。このエリアは n-タイプの半導体素材から陰電荷の電子が p-タイプの素材の穴と結合するのを防ぎます。図 47 からわかるようにこのダイードは絶縁ゾーンの両側に陽電荷と陰電荷が別々に貯まっています。この状況ではダイオードはオフ状態になります。

この弱い絶縁ゾーンは、ダイオードの両端に十分な強度の電圧を加える事で克服する事ができます。図４８のように、p-タイプと n-タイプの半導体をそれぞれ電池などのエネルギー源のプラスとマイナスにつなげることによってダイオードをオン状態にすることが出来ます。これで電荷は自由に絶縁ゾーンを行き来できます。電子と穴のペアが結合すると、光のフラッシュとしてエネルギーを放出します。発光ダイオードと呼ばれるのはこの理由からです。LED（発光ダイオード）がオンになると数百万もの電子−穴のペアが同時に結合され、LED はバルブのように光を帯びているように見えます。電源から一度離れると絶縁ゾーンは再形成し、電子と穴が結合しなくなるため光は発生しません。

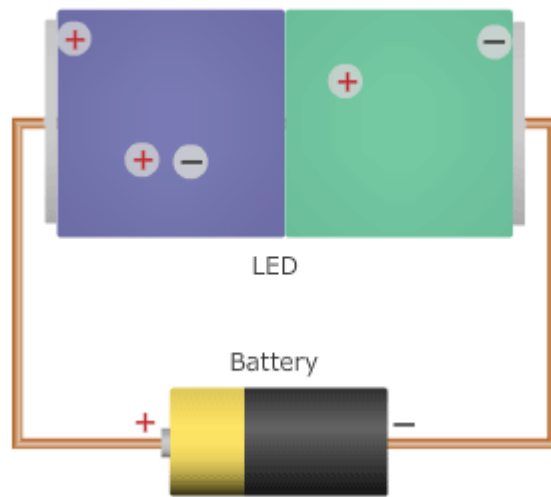



図 48: 発光ダイオードの仕組み

注：ページ一番下の図

液晶ディスプレー

はじめに

図 49: ビッグショットの液晶ディスプレー

液晶ディスプレー（LCD）とは薄い電子表示装置のことです。腕時計、カメラ、携帯電話、タブレットやテレビなどの電子機器に使用されています。LCD は古い表示技術に比べて軽く、稼働に必要なエネルギーも大分少ないという利点があります。どこでも使用されているため、今あなたもこのページを LCD 画面を通して見ているのかもしれません。
LCD とはイメージセンサーに近く、２次元のグリッド状にピクセルを並べています。しかし、これは光を測定するのではなく、LCD のピクセルが発光しているのです。各ピクセルの明るさを個々にコントロール出来るので、LCD は画像を表示することができます。
LCD の作動原理は、光の偏光という興味深い性質と、光の偏光をコントロールできる液晶と呼ばれる特殊な素材の性質に基づいています。この２つがどのように連携して LCD を機能させるのかを探っていきましょう。

偏光

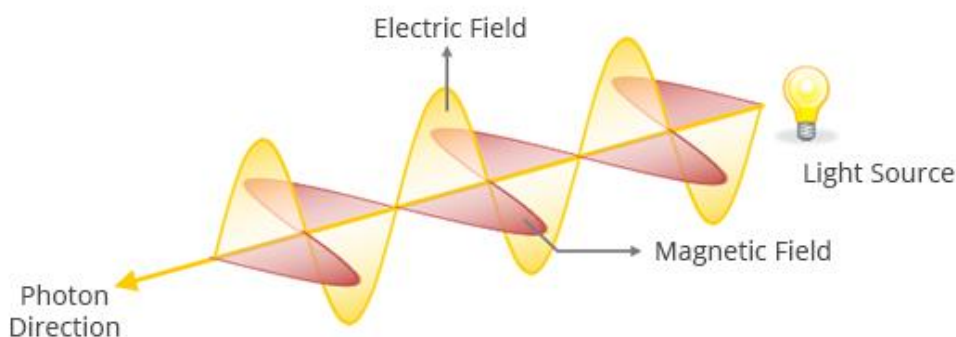



図 50: 光の波

光は光子と呼ばれる粒子の流れとして簡単に想像できますが、実は光は波としても考えられる事は知っていましたか？１つの光子は電界と磁界の波が垂直に交わっているものだと考えられています。図 50 は光波の電子と磁気成分のイラストです。図 51a は、電界を取り除き、光波だけを見やすく描いたイラストです。

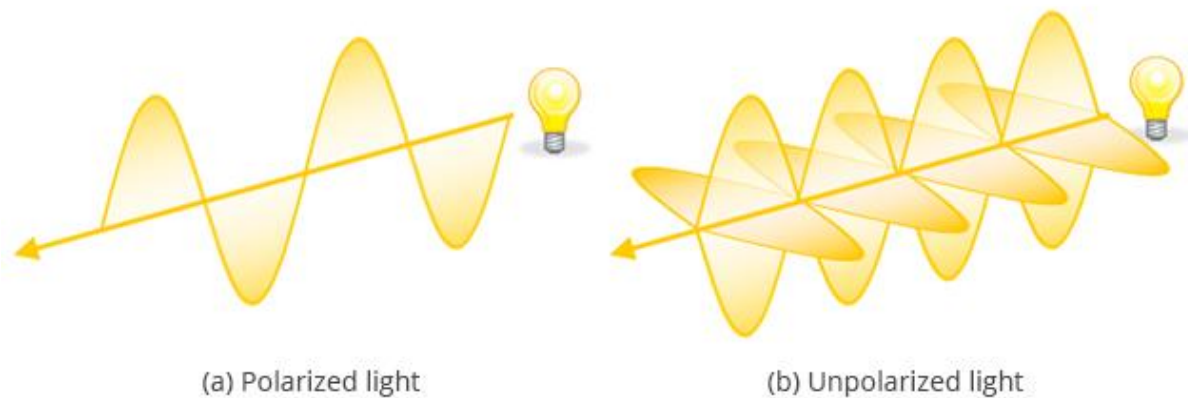



図 51:偏光と不偏光の光

電球のような光源には発光する分子が多数あります。この発光分子の電界の方向性が一致するとき、光が偏光していると言います。図 51a の１つの光波は勿論偏光しています。偏光の方向性は電界の平面に沿っているといわれています。しかしほとんどのケースでは分子に放出される電界は整列していません。これは光が、電界が無数の方向に散っている光波によって出来ているからです。図 51b では、光は垂直に交わる２つの波によって形成されています。この光は偏光がないもので、不偏光と呼ばれています。

偏光フィルター

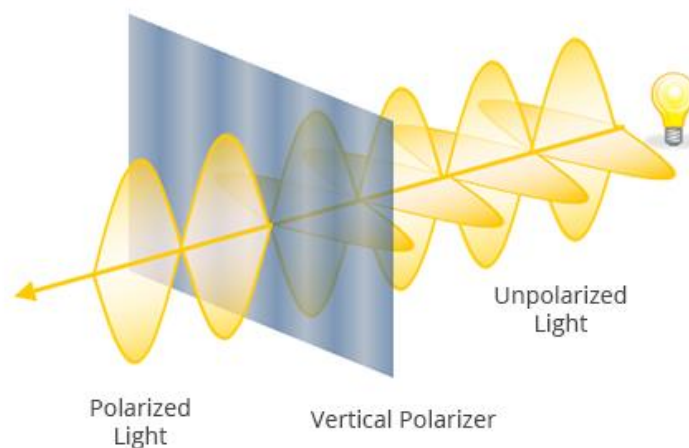



図 52: 垂直偏光子は垂直の偏光に光だけを通す

偏光フィルターは一般的には特殊な透明なクリスタルで出来ているものであり、特定の偏光方向を持つ光波だけを通します。図５２は垂直偏光子の働きを表しています。垂直の偏光方向を持つ光はフィルターを問題なく通過できますが、水平の偏光の光波はブロックされます。さて、垂直と水平の間の偏光を持つ光波にはどのような影響があるのでしょうか？このような光波は、

垂直と水平の成分によって成り立つと考えらているので、垂直の成分だけがフィルターを通過できます。従って、強度は減少してしまいます。

図 53a のリンク先の図では、偏光子 P1 が普通の白色光源の前に配置されています。光源から放出される光は不偏光です。フィルターを通る光は偏光させられますが、その過程で明るさを半分失います。これは P１がどのように回転されても言える事です。スライダーを使って P１を回転させて確認してみましょう。図 53b では２つ目の偏光子、P2 が、P1 の前に置かれています。スライダーを左端に動かす事で、両方のフィルターの偏光方向を合わせる事ができます。この場合は P2 が P1 の通した光を全て通すことが分かります。スライダーを右に動かす事で P2 を少しずつ回転させることができ、P2 を通る光が徐々に暗くなり、P1 と垂直になるときには完璧に遮断されます。

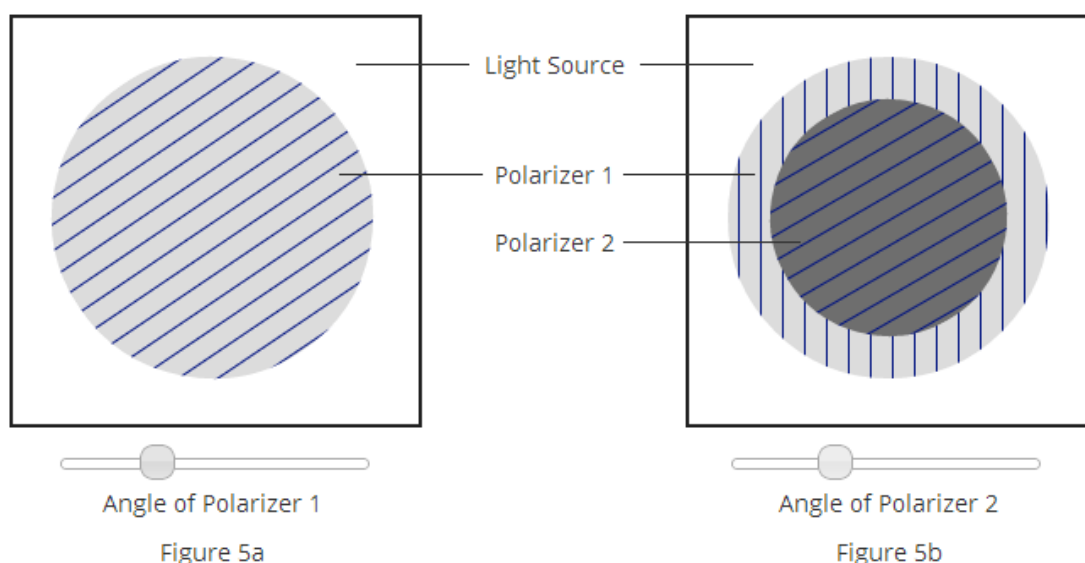



図 53: 偏光子を使用した光の明るさを調整

２つの偏光子を使用して光の輝度を調節する原理は LCD が機能するための基本です。しかし、LCD では各ピクセルそれぞれの明るさを別々にコントロールする必要があります。一般的なディスプレイには何百万とピクセルがあるためそのうちの全てのピクセル一つ一つで機械的に偏光子を回転させる事は効率がいいとは言えません。次の章では、液晶とよばれる素材がどのようにこの問題を克服するかを説明します。

液晶

液晶（リキッドクリスタル）と言う名の言葉の組み合わせは一見、矛盾しているように見えますが、液晶とは、固い個体のクリスタルと液状（リキッド）のそれぞれの特性を生かしたディスプレーの１つです。というのも、普通の液体のように、分子は自由に動き回る事ができ、なおかつ固体のクリスタル同様、分子の方向をお互いにあわせて正則パターンに整列させることができます。

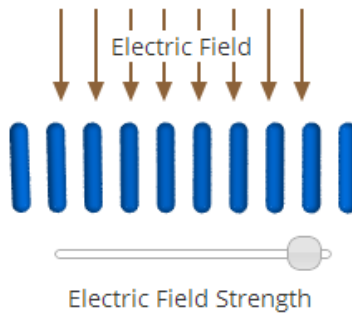



図 54: 液晶のインプレーンスイッチング

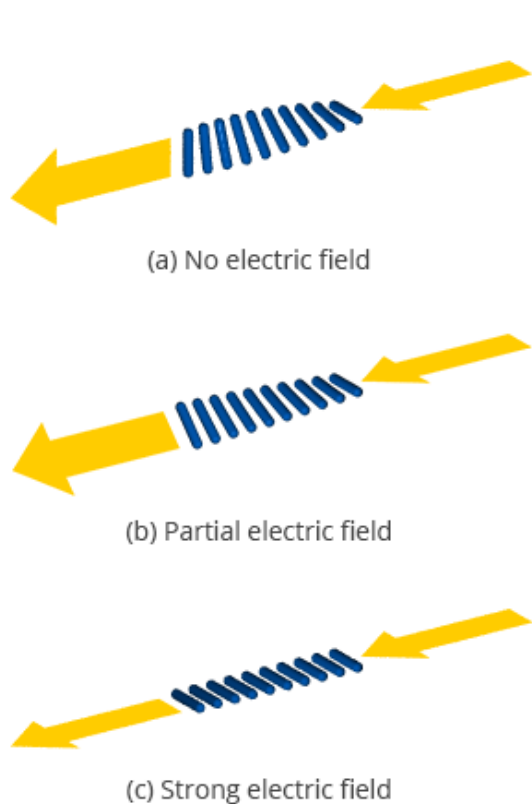



図 55: 液晶が持つ光の偏光への影響

LCD は一般的にねじれネマティック（TN)クリスタルを使用します。TN 液晶の分子は図 54 が表すように円柱状であり、ねじれた配列パターンを持ちます。（リンク先のスライダーを左へ動かしてください。）最初の分子は最後の分子と垂直の角度を持ち、間の分子達は自動的にねじれた配列をくむように並びます。

この液晶は LCD の機能に欠かせない特別な性質を２つ持っています。１つ目は電界を用いた場合、電界にそって配置を合わせる事が出来ます。図 54 のリンク先 の図では、スライダーを右に動かして電界の強度を上げると、電界中の分子はねじれを解きます。強い電界の場合は分子は全て電界に合わせて並びます。２つ目の性質は、液晶自身を通る光の偏光を曲げる事が出来ます。図５５から分かるように、電界なしでは、分子は偏光平面を９０°回転させる事ができます。つまり水平の偏光の光は垂直の偏光を持つ事になります。最大の強さではない電界を用いる場合は偏光平面は垂直と水平の間の角度をとります。強い電界を使用した場合は、光は偏光に影響がないまま通過します。

次にどのように偏光子と液晶を連携させ LCD ピクセルの明るさが調節できるかを見てみましょう。

LCD ピクセル

LCD 内のピクセルは図 56 のように、色々なパーツを多層のサンドイッチ状にアレンジした物です。２つの水平の偏光子を持ち、１つは裏、もう１つは表に設置してあります。これらのあい

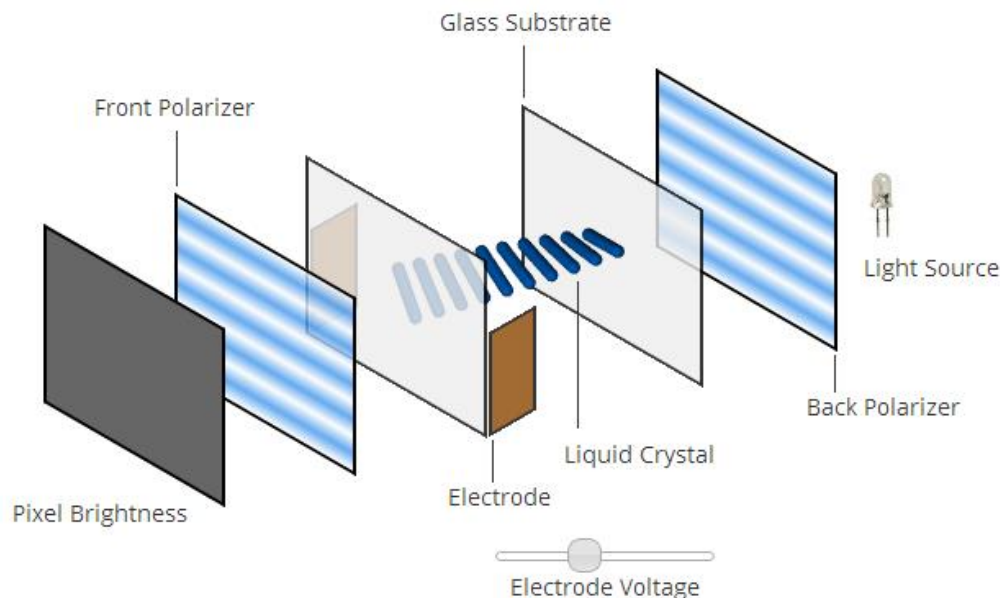



図 56: LCD ピクセルの構成と働き

だには電極と液晶があります。LCD の全てのピクセルは LED などの不偏光の光源を使用しています。

明るさ: 光源から来る光は裏の偏光子を通り、水平の偏光を得ます。図 56 のスライダーが左端に位置する場合、電極のあいだには電圧がないため、液晶はこの偏光を９０°曲げます。しかし、この垂直の偏光の光は表の偏光子によって完全に遮断されるので、暗い（黒い）ピクセルに見えます。

次に、スライダーを右端に動かして、電極の間の最高値の電圧を加えます。結果としてこの強い電界は水平偏光の光がそのまま液晶を通します。そのまま表の偏光子を影響なく通過すると、我々には明るい（白い）ピクセルに見えます。グレーの濃淡を表現するには、スライダーを使って、電極の間に部分的な電圧を加えてください。このシステムが優れている理由として各ピクセルの輝度をコントロールするのは加える電圧であり、稼働部分を必要としない事が挙げられます。

色: LCD が色を表示するのは簡単な事です。図 57 のように、全てのピクセルは３つの小さなサブピクセルにわけられています。この３つのサブピクセルはそれぞれ赤、緑、青のフィルタが付いており、それぞれ光の赤、緑、青の成分の輝度を表現します。サブピクセルは個々に独自のピクセルとして働きますが、小さいサイズと隣接した配置により、我々には別々のピクセルに見えず、１つのピクセルが赤、緑、青の光の組み合わせを表示しているように見えます。 イ

メージセンサーの章で解説した通り、この世の知覚可能な色のほぼ全ては赤、緑、青の光を組み合わせて再現する事ができます。

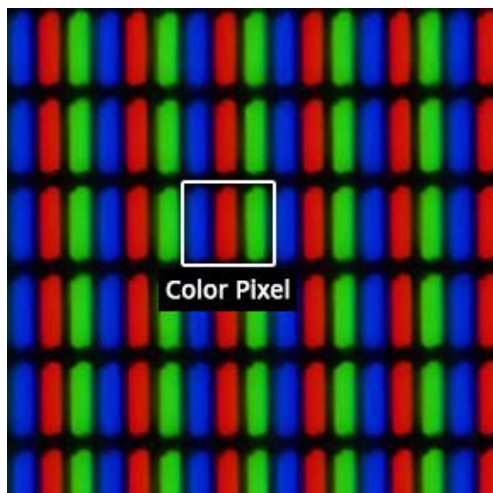



図 57: 顕微鏡で覗くと、各ピクセルは、赤、緑、青の３つのサブピクセルで構成されている事がわかる

電気工学

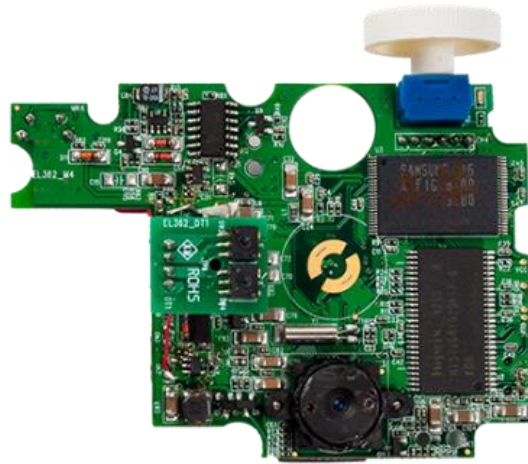



図 58:ビッグショットのプリント基板(PCB)

はじめに

上記のセクションでこれまで学習したように、ビッグショットは機構部品（ギアーなど）を使用してエネルギーを発生させ、光学部品（レンズなど）で画像を作り、その撮れた写真をディスプレー（LCD）を通してユーザーに見せます。しかし、画像を計り、圧縮し、保存し、さらにユーザーに視覚的や聴覚的なフィードバックを与えるために、ビッグショットは電子部品を使用しています。これらの部品は図 58 のような緑のプリント基板(PCB)に搭載されています。PCB は組み込みの配線で色々な部品を繋げて部品間のコミュニケーションを可能にします。ビッグショットの主要電子部品をもう少し詳しく見てみましょう。

電子部品

ビッグショットの主要の電子部品は撮影部品、ユーザーインターフェース部品、カメラコントロール部品の３つのカテゴリーに分けられます。撮影部品はイメージセンサー、フラッシュやメモリーを含んでいます。これらの部品は写真を撮影し、保存する役割をします。インターフェース部品はモードダイアル、撮影ボタン、液晶ディスプレー（LCD）、LED インジケータ、ブザー、とユニバーサルシリアルバス（USB）などがあり、ユーザーがビッグショットを体験するツールとして使用されます。例えば、ユーザーはモードノブと撮影ボタンを使ってビッグショットをコントロールし、LCD を通して、視覚的なフィードバックを得ます。カメラコントロールの部品はカメラの脳として機能し、全ての電子部品の働きをコーディネートします。図 59 はビッグショットの主要電子部品を表しています。リンク先のボタンをクリックして部品を探し、どういう働きをしているのか見てみましょう。
カメラコントローラー：これがビッグショットの脳にあたる部分です。パソコンの中央処理装置（CPU）と同様、ファームウエアと呼ばれる定義済みの指示に従って、カメラの他の部品をコントロール、及びコーディネートします。このコントローラーは毎秒、何百万もの指示を読み（取得）、理解し（デコード）、従う（実行）する事が出来るスピードをもっています。

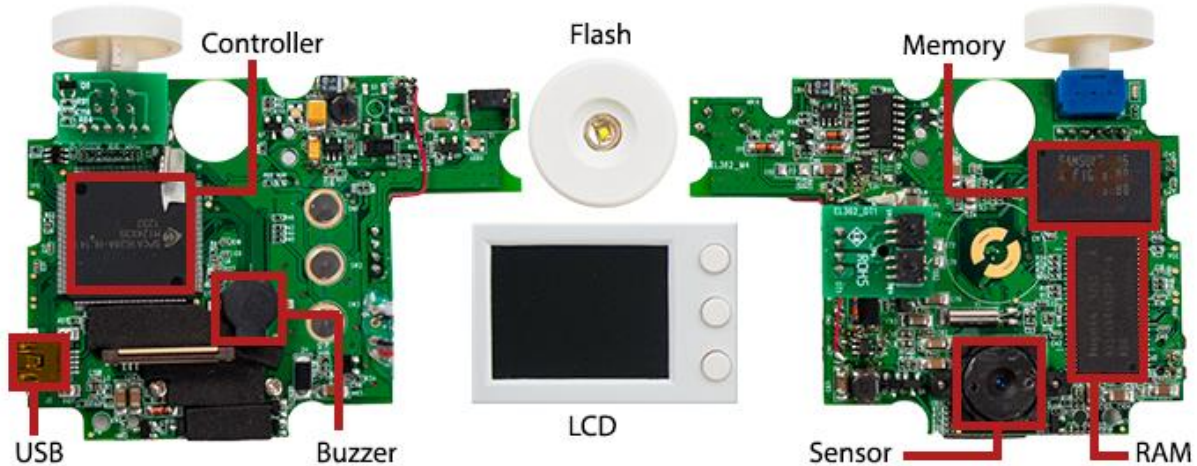



図 59: ビッグショットのプリント基板(PCB)

ユニバーサルシリアルバス（USB）：これは機械が互いにコミュニケーションを取り合うために広く使用される技術です。USB は簡単な言語(通信プロトコル)を使って、他の USB 機器と会話をします。USB はほとんどの市販デジタルカメラ、携帯電話、や音楽プレーヤーに使用されています。ビッグショットではユーザーがコンピューターに写真をダウンロードのに使っています。
ブザー：ブザーはビープ音を鳴らす電気機械装置です。ユーザーに聴覚的フィードバックを与えるために、目覚まし時計、タイマーなどの装置によく使われています。ビッグショットのブザーはユーザーに撮影が完了した事を告げます。
LED フラッシュ：暗い所で写真を撮るとカメラのフラッシュの光で撮れた写真は明るくなります。ビッグショットでは LED(発光ダイオード)をフラッシュバルブとして使用しています。LED はエネルギー効率がとても良い小さい電球のことです。
イメージセンサー：これはピクセルと呼ばれる感光素子を配列した小さい電子チップです。各ピクセルはそれぞれ撮像レンズによって集められ、自分に当てられている光を測定します。センサー上の個々のピクセルの測定値を全て合わせると、デジタル画像が形成されます。ビッグショットのイメージセンサーには 2048x1536 ものピクセルがあります。
LCD: ビッグショットは液晶ディスプレーを使用して、ユーザーに撮った写真をその場で見せる事ができます。ほんの数ミリの厚さしかないにも関わらず、LCD は何層ものガラス、電子装置、カラーフィルター配列や液晶などで形成されています。最近では薄く、軽く、出力をあまり必要としない LCD が、コンピューター、テレビ、タブレット、カメラや携帯電話などの電子機器に使われています。
ランダムアクセスメモリー（RAM）:RAM とは中に保存されているデータを素早くアクセス出来るようにデザインされた一時的な記憶装置です。電源がオンの状態だと、ビッグショットは素早いアクセスのためにファームウエアと LCD に表示しなければならない写真を RAM に一時的に保存します。カメラをオフにすると、RAM はその一時的に保存されたデータを失います。
フラッシュメモリー：フラッシュメモリー（LED フラッシュとは別もの）は撮った写真の貯蔵庫の役割を果たします。電源が落ちても情報を蓄える事が出来る特殊な電子チップです。この

ため、フラッシュドライブはメモリーカード、USB メモリスティックやデータ保存のためのソリッドステートドライブなどに使われています。

ファームウェア

カメラのコントローラーはカメラの総合的な働きをコーディネートし、カメラの脳と言われていますが、もとから知能があるわけではなく、カメラをコントロールする指示を必要とします。そこでコントローラーにファームウエアと呼ばれる指示の組み合わせをロードする必要があります。ファームウエアは人間によって書かれていますが、英語や日本語などの人間の言語で書かれている訳ではありません。コントローラーなどの簡単な電子チップは、１と０の組み合わせから成る機械語での指示しか理解できません。ファームウエアの指示はカメラの使用上でのありとあらゆる可能性にどう対応するかを定めます。驚いた事に、指示を読むのをやめるための指示まであるのです。

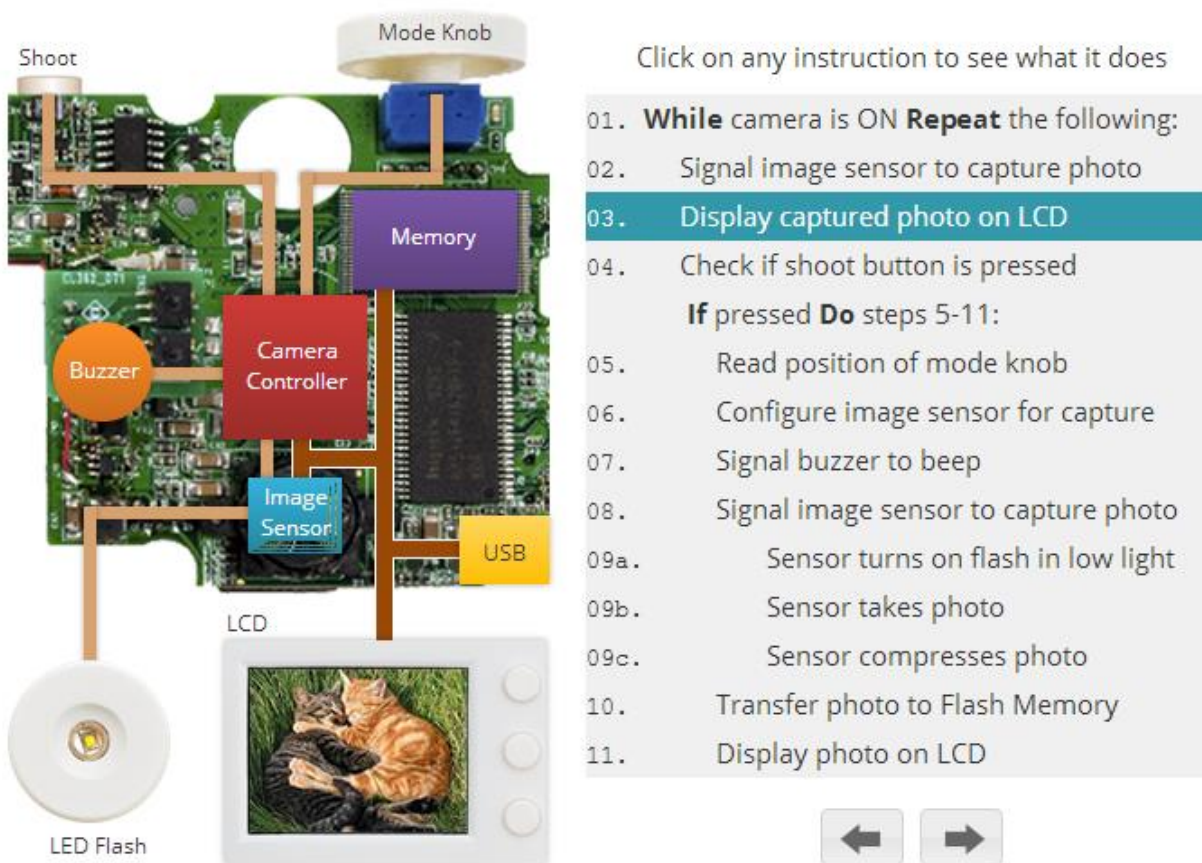



図６０: ファームウエアの働き

ファームウェアの働き

図 60 のリンク先の図はビッグショットのファームウエアがどのように働いているのかを表しています。実際の指示は長く複雑な０と１の数列から成り立ちますが、この図では指示内容と指示を実行する結果が良くわかるように英語で書かれています。図 60 で紹介されている指示は実際の完全なファームウエアの小さい一部に過ぎません。ここではユーザーがオートフラッシュモード中に撮影ボタンを押すという特定の条件下でのコントローラーの行動の順序を紹介しています。 ステップ８などの指示はカメラのコントローラーに他の部品に指示出すと言う指示です。

画像処理

はじめに

図 61: 撮影された画像と処理された画像
(http://www.bigshotcamera.com/learn/processing/index)

図 61 はビッグショットで撮ることのできる３種の画像です。（リンク先のボタンをクリックするとレンズホイールの設定をコントロール出来ます）ご覧のとおり、広角レンズとステレオプリズムの設定で撮られたままの写真では準備は不十分です。それぞれの画像に処理を施してパノラマ写真と３D 写真に変換する必要があります。ビッグショットのコンピュータソフトウエアはカメラからダウンロードした各画像に適切な処理を施します。ソフトウエアは同時に画像の輝度、色、そして鮮明度をも高めます。暗い場所で撮った写真のノイズが多い場合（ざらざらで不明瞭な状態）は、ソフトウエアでノイズを減らす事も出来ます。
この画像の編集の過程や画像の修正は一般的に画像処理といえます。この章ではいくつかの基本的な画像処理過程がどのように写真の見え方を変えるかを見てみましょう。

画像表現

図 62：数字による画像の表現

デジタル写真は、２次元のピクセル（ピクチャー・エレメントの略、画素とも言う）のグリッドとして表されます。各ピクセルには写真内の位置と色の２つの情報が組み込まれています。ピクセルの位置とは画像の左上の角から計る水平と垂直の距離です。例えば、図 62 中の、(56,60)の位置のピクセルとは左から右に数えて 56 個目のピクセルで、上から下へと数えて 60 個目です。

我々の目は何百万もの色を感知する事が出来ます。驚く事に、その中のほとんどの色は光の三原色である赤、緑、青を色々な組み合わせで混ぜ合わせる事で再現できます[6]。従って、一般的にピクセルの色は３つの数字を使って表現されます。この３つの数字は 3 原色の輝度を示します。図 63 のデモンストレーションは、赤、緑、青を組み合わせて、我々が知覚出来るほとんどの色を再現させる事が出来る事を体験させてくれます。スライダーを使用して、3 原色のそれぞれの量を調節してください。イメージセンサーの章でピクセルと色について更に詳しく読むことが出来ます。

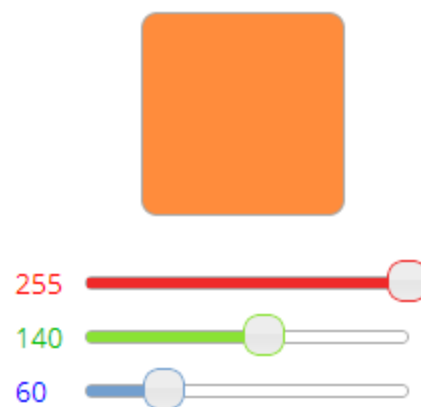



図 63:色ミキサー

画像処理の過程

図 64: 画像処理の過程

ほとんどの画像処理は簡単な方法で出来ます。入力画像を受け、出力画像は１ピクセルずつ計算されます。一般的には出力画像の各ピクセルの色は入力画像の同じピクセルを中心にした小さいエリア（ウインドウ）の中のピクセルの色の数理的組み合わせが使われます。エリア内のピクセルを使用せず、入力画像の対応するピクセルがそのまま使われる場合もあります。

図 64 のリンク先の図では上記の過程を見る事ができます。出力画像は左から右、そして上から下へと１ピクセルずつ計算されます。この例では各ピクセルの 色は入力画像の対応ピクセルを中心とした３x３の小さいエリアを使って計算されます。次の章では一般的に使われている３つの画像処理の方法について説明します。

輝度の調節

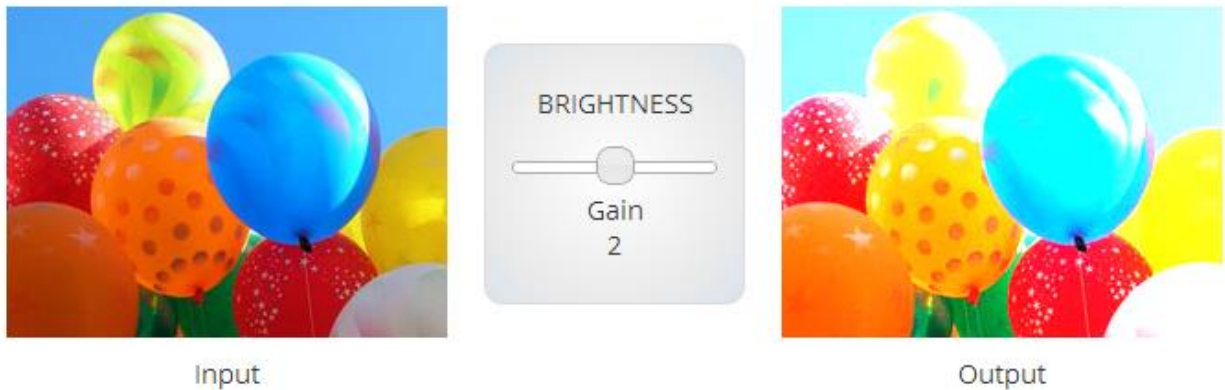



図 65: 画像処理の過程

撮った写真が暗すぎたり明るすぎたりすることがあります。こういう場合は写真の輝度を調節する必要があります。画像の輝度は単純に各ピクセルの色値を（R,G,B)を数字(α)で掛ける必要があります。式は以下のようになります。

$$New\ value = \alpha \times Old\ value.$$

αが１より大きい場合は色値が増し、画像は明るくなります。しかし、αが１より小さい場合は画像が暗くなります。この過程をゲイン調整と言います。図 65 のデモンストレーションのスライダーを右に動かして（ゲイン ＞ 1)画像を明るくし、左に動かして(ゲイン ＜ 1)暗くします。次には足す、引く、掛ける、割る、べき乗するなど、各ピクセルの色に数学的計算をして、画像の見かけを変えることが出来る事が想像できます。

ノイズ除去

撮影された画像上にぽつぽつと斑点が現れてしまう場合があります。（図 66 の写真の緑色の背景参照）この斑点は輝度のランダムな変動であり、画像ノイズと呼ばれます。ノイズがある写真にはざらつきが出るため、一般的には好まれていません。

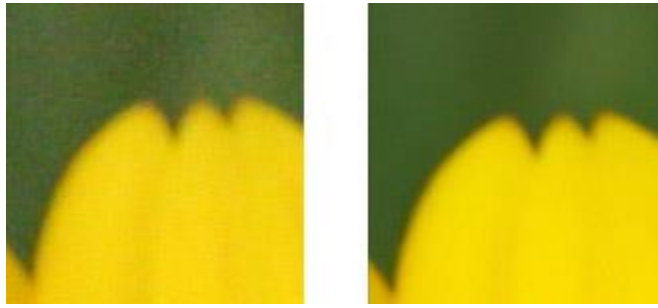



図 66: 左のノイズ有りの画像と右のノイズなしの画像の比較

ノイズはカメラの電子部品の欠陥、ピクセルの誤作動、アナログデジタルコンバーターのエラー（イメージセンサー参照）などの様々な要因によって引き起こされます。１度撮影された写真のノイズを減らすには、画像処理を施すしか方法がありません。良く使用されるノイズ除去の方法として挙げられるのは、輝度変動を滑らかにする方法です。しかしこの過程は画像の鮮

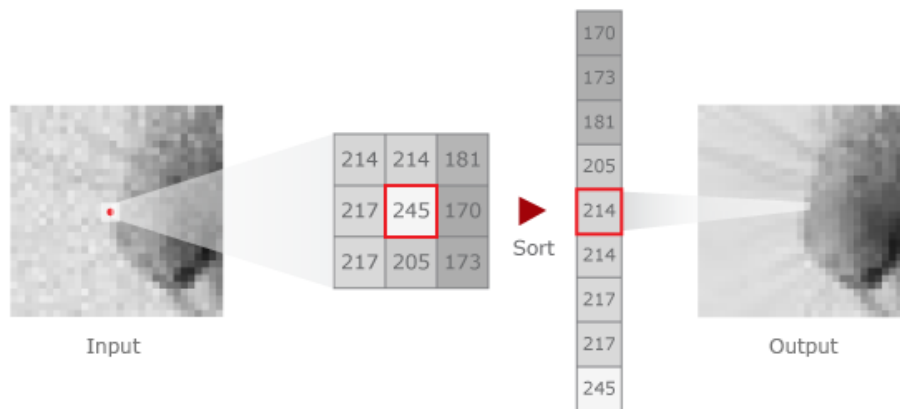



図 67: メディアンフィルタリング

明度を損ねてしまいます。幸いにも画像の鮮明度をそこまで失わずにノイズ除去をする技術が存在します。では、メディアンフィルタリングというプロセスを見てみましょう。
図 67 は白黒画像においてのメディアンフィルタリングの図です。出力画像の各ピクセルにたいして、対応している入カイメージを中心に小さいエリアを選びます。このエリアのピクセル値は低いものから高いものへと整理されています。そこで出力ピクセルにこの整理された入力ピクセル値の中の中央値（メディアン）が割り当てられます。この過程を全てのピクセルに施し、完全な出力画像が形成されます。カラー画像の場合はこのプロセスが赤、緑、青の各色に別々に行われます。
　メディアンフィルタリングを使用して除去できるノイズの量は設定されたエリアのサイズによります。エリアが大きい程除去できるノイズも増します。しかし、エリアが広がるにつれて、入力画像の詳細も失われます。とても大きいエリアだと、活気のないイメージになってしまいます。図６８のリンク先のスライダーを動かして、エリアのサイズがどのように出力が画像に影響するのかを見てみましょう。

図 68: ノイズ除去 注：ページ一番下の図

幾何学ワーピング

図 69: 画像（左）と３つのワープされた例

ワーピングとは画像中にある形を変える過程の全てのことをさします。ワープには引き伸ばしや回転などの簡単な過程や、複雑な歪みなどがあります。ワーピングの基本的な概念は入力画像のピクセルを出力画像の中で異なる位置に移動させる事です。ピクセルの移動、再マッピングはなんらかの数式にそって実行されます。

ワーピングは光学的かデジタルで行うことが出来ます。光学的ワープの例として、ふくれてみえる広角レンズの写真があります。（図 69 の左から３つ目の画像参照）デジタルワープの例はこの広角画像から再現されるパノラマ画像です。それでは、デジタルの歪み補正がどのように行われるのか見てみましょう。
図 70a のレギュラーレンズで撮影した風景について考えてみましょう。風景の点 P は画像のピ

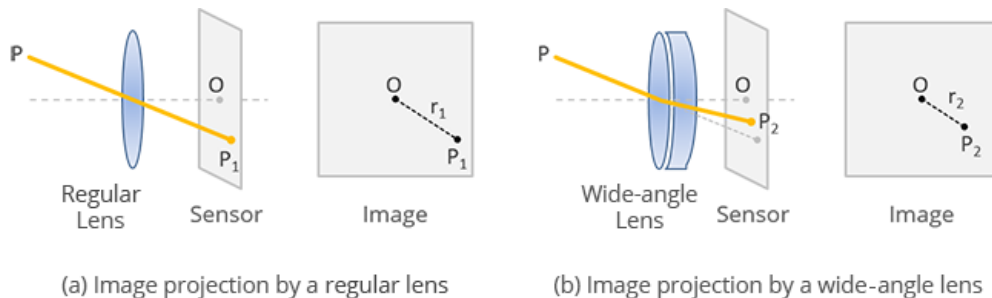



図 70:広角レンズによるラジアルディストーション

クセル P_1によって形成されます。 P_1から画像の中心 0 までの距離を r_1とします。では図 70b のような広角レンズにレンズを取り替えます。広角レンズは相対的に広い視界を同じセンサーに詰め込まなくてはならないので、画像の中心に向かって光線集めます。よって点 P は、普通ならピクセル P_1 によって再現されるはずですが 0 からピクセル P_1と同じ方向でありながら、中心から距離が r_2である別のピクセル P_2によって再現されます。このようなディストーション（歪み）をラジアルディストーションといいます [3]。
P_2 を P_1 の位置に戻してこの歪みを補正するには P_1 と P_2 の数学的関係について知る必要があります。ここで、よく使われるのがこの多項式です：

$$r_2 = r_1 + cr_1^3$$

この場合cは歪みの量をコントロールするパラメーターです。c=0 の場合は歪み無しの普通の画像が見え、c 値が正値の場合は画像が歪み、ふくれて見えます。c 値が分かる場合は歪み補正は簡単です。目標としている歪み無しの出力画像の各ピクセルについて画像の中心からの距離 r_1 が分かるので、この値を上の数式に当てはめる事によって、歪んでいる入力画像中の対応しているピクセルの距離 r_2 を求めることができます。色値は単純に歪んでいる画像の距離 r_1 のピクセルを出力イメージの距離 r_2 のピクセルにコピーするだけです。この過程を出力画像の全てのピクセルに施します。
図 71 のリンク先の図を使って歪み補正を体験することが出来ます。スライダーは歪みパラメーターc をコントロールします。c=0 の場合は出力画像は入力画像と同じです。
c 値を増す事で歪みを減少させる事が出来ます。

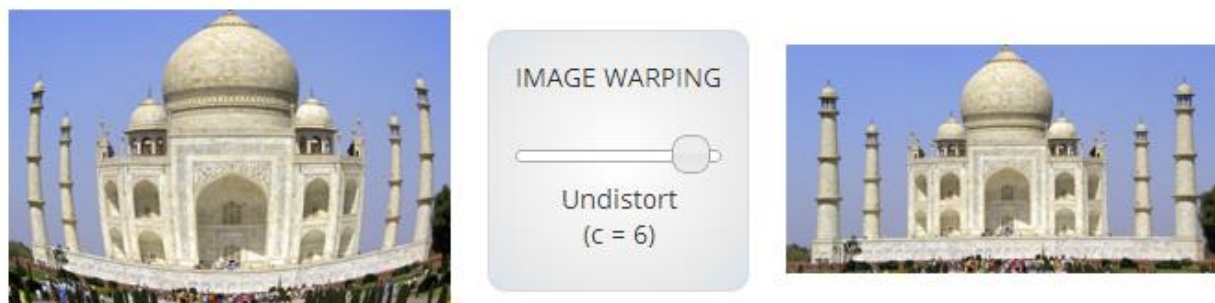



図 71: 画像歪みの補正 注：ページ一番下の図

取り扱い

はじめに

各部品名

カメラの表面

1. 撮影ボタン
2. ハンドクランク
3. モード切り替え
4. タイマー LED
5. レンズホイール
6. LED フラッシュ
7. レギュラーレンズ
8. 広角レンズ
9. ステレオ／３D プリズム

カメラの裏側

1. モード切り替え
2. ファインダー
3. ディスプレー
4. USB コネクター
5. 撮影ボタン
6. 電源ランプ
7. 上ボタン
8. 中ボタン
9. 下ボタン

安全にお使いになる為に

下記の取り扱い説明はユーザー本人や他人のケガ、そしてカメラへのダメージを防ぐための物です。常にこれらに沿って使用するようにしてください。

警告：大けがを防ぐために

1. フラッシュを人の目の近くで使用しないでください。フラッシュによる強い光は、視力に害を及ぼす恐れがあります。特に幼児の前でフラッシュを使用する場合はカメラを幼児から１メートル以上離れたところで使用してください。
2. 　カメラを８歳未満の子供の手の届かない場所に保管してください。部品を口に入れてしまうと大変危険です。子供が部品を飲み込んでしまった場合はすぐに病院に連絡してください。ストラップを子供の首にかけることは窒息に繋がる恐れがあります。
3. カメラに液体が入らないようにしてください。火災や感電につながる恐れがあります。カメラの掃除にはアルコール、ベンゼンや塗料用シンナーなどの有機溶剤は絶対に使用しないでください。液体や異物がカメラの中に入ってしまった場合はすぐにカメラの電源をオフにしてください。
4. カメラの充電には USB の差し込み口のみを使用してください。他の電源の使用は火災や感電に繋がる恐れがあります。
5. 電池は付属品のみを使用してください。他の電池の使用は爆発、火事や感電に繋がる恐れがあります。
6. 電池を火に近づけたり入れたりしないでください。電池を分解したり改造したりしないでください。電池を落としたり強い衝撃を与えたりする事は避けてください。電池に漏れが生じ、中の物質が目、口や皮膚についてしまった場合はすぐに水でしっかり洗い流してから病院に連絡をしてください。

注意: カメラの破損を防ぐために

1. カメラを強い日差しの強い場所や、温度の高い場所での保管は避けてください。電池がオーバーヒートや爆発、感電や発火によるヤケドなどのケガに繋がる可能性があります。温度の高いところでの保存はカメラケースや他の部品の変形に繋がる恐れがあります。
2. カメラをポケットに入れたまま座らないでください。カメラの異常や LCD の故障につながる事があります。
3. カメラを鍵や他の鋭利な物と一緒にポケットに入れないようにしてください。レンズや LCD に傷がつく場合があります。

電池の充電

カメラを使用を始める前に、電池を充電する必要があります。充電の方法は、USB チャージャーを使用するか、ハンドクランクを巻くかの２つの方法があります。１つめの方法で充電をして、ハンドクランクはパソコンが無い時にだけ使用することを強く お勧めします。

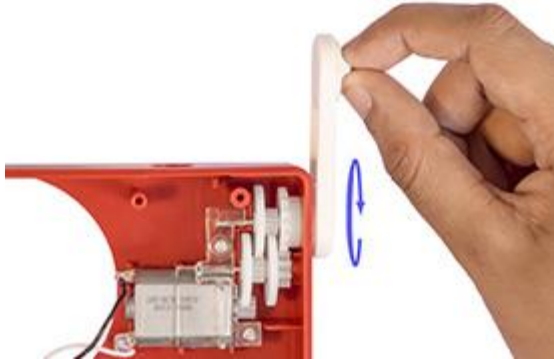
USB チャージャーの使用方法

付属の USB ケーブルを使用して、パソコンの USB 差し込み口、または USB 電源に繋げてください。無理に繋げたり、コネクターを斜めに入れたりしないでください。

電源ランプ LED はバッテリー残量があまりない場合は緑色に点滅し、ほとんど空の場合には赤色に点滅し、カメラが充電中であることを示します。

電源ランプが点滅をやめれば充電完了です。

ハンドクランクの使用方法

モード切り替えボタンをオフ設定にします。図のようにハンドクランクを優しく時計回りに巻きます。１分間 30-60 回転のスピードを保つようにしてください。５-７回転につき１枚の写真が撮れますが、何枚か続けて撮影できるように 40 回ほど回す事をお勧めします。

注意：ハンドクランクを１分間に３０回転以下の速度で回すと、充電ができません。また、１分間に６０回転以上回したり、ハンドクランクに力を加えすぎると、内部のギアーボックスを損傷する恐れがあります。

ビッグショットの使用方法

モード設定の使い方

モード設定ではカメラをオン／オフにしたり、撮影モードを選んだり、撮った写真を見たりします。

Off　（電源をきる）

カメラをオフにします。カメラの電源が落ちるまでには３秒ほどかかります。

Auto（自動フラッシュ）

カメラが光が足りないと判断した場合に、フラッシュを自動でつけます。

フラッシュあり

写真を撮る際に、必ずフラッシュがつけられます。

フラッシュなし

写真を撮る際に、常にフラッシュなしで撮影します。

タイマー

撮影ボタンをおしてから 10 秒後に写真を撮ります。この間ブザーが鳴り表の LED が点滅します。

再生
カメラ内に保存してある写真を見たり、削除したりできます。

レンズホイールの使い方

レンズホイールには３つの光モジュールがあり、３種類の写真をとることができます。

レギュラーレンズ
普通の写真を撮影します。その際の水平の視界は 40°です。

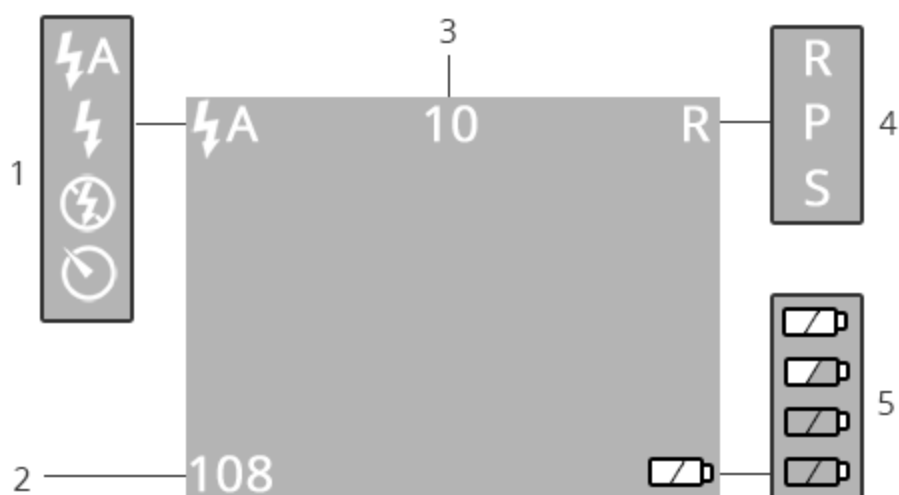
広角レンズ
広角写真を撮影します。その際の水平の視界は８０°です。撮影後の写真は再生ボタン上では膨れて見えますが、ビッグショットのソフトウエアを使ってパソコンで処理し、パノラマ写真になります。

ステレオ/3D プリズム
３D 写真を撮影します。その際の水平の視界は１６°です。撮れた写真は同じ風景の画像が２つ横並びになった状態であるため、ビッグショットのソフトウエアを使ってパソコンで処理し、付属の３D眼 鏡を利用して楽しめる 3D 写真になります。付属の眼鏡は赤いフィルターが左目にくるように掛けてください。

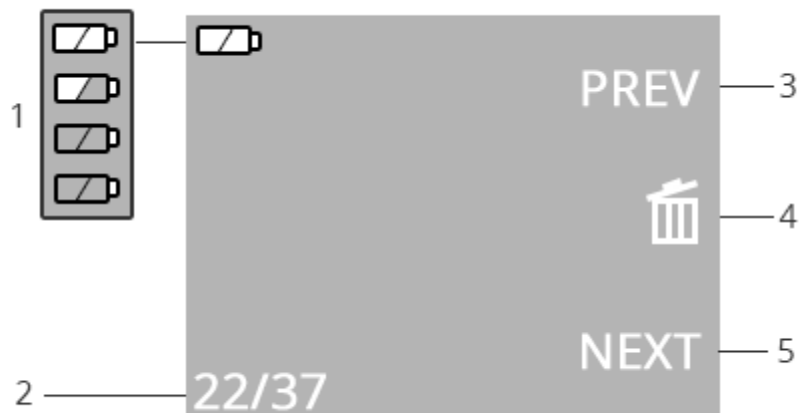
ディスプレーの表示

カメラディスプレー

撮影中や写真の再生中に次のような表示がカメラディスプレーに出ます。

撮影時

1. モードダイアルによる現在のモード設定
2. 残りの撮影可能枚数
3. タイマーカウントダウンの１０秒タイマー
4. 現在のレンズ設定
5. 電池残量

他の表示やメッセージが出る場合があります。それらの詳細は別の章をご覧ください。

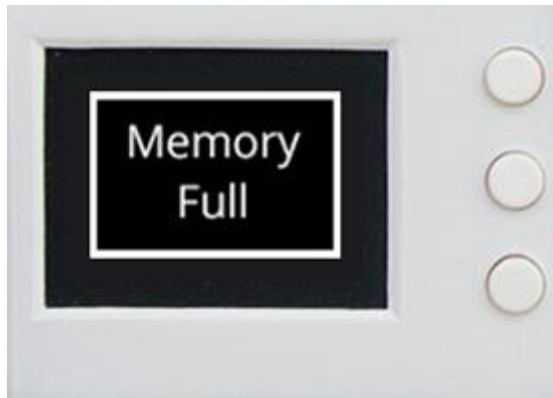
再生時

1. 電池残量
2. 現在表示されている写真／保存されている写真の総数
3. 前の写真へ
4. 写真の削除
5. 次の写真へ

他の表示やメッセージが出る場合があります。それらの詳細は別の章をご覧ください。

メモリー（記憶容量）について

カメラメモリー

カメラには約１２０枚の写真を保存するメモリーがあります。

モードダイアルが４つの撮影モードのうちの１つに設定されている場合は、ディスプレーの左下角に未使用メモリーに保存可能な写真の数が表示されます。

カメラに写真がそれ以上保存できない状態の場合は"Memory Full" のメッセージがディスプレーに点滅します。この状態では写真を撮る事はできません。写真を撮り続けたい場合はメモリー上の写真をパソコンに移動させるか、保存されている写真をいくつか削除してください。

電源モードについて

カメラの電源モード

このカメラにはノーマル、エコノミー、スリープの３つのパワーモードがあります。

ノーマルモード

ノーマルモードではカメラはフル稼働の状態です。つまり、電池にはカメラが撮影と再生をするだけのエネルギーがあります。電源インジケータは緑色に点灯します。電池残量インジケータは電池の残りのエネルギーを表示します

エコノミーモード

エコノミーモードでは、写真を撮影することのみが可能です。ディスプレーになにも表示しない事でエネルギーを節約しています。写真の撮影範囲を決めるにはファインダーを使用する必要があります。 このモードではフラッシュを使用する事ができないため、明るい場所でしか良質の写真を撮ることが出来ません。 エコノミーモードに入る際は、Economy Mode と表示されてからディスプレーが消えます。 電源インジケータが点滅します。この状態になったら、なるべく早く電池を充電することをおすすめします。

カメラに撮影するだけのエネルギーがなくなった場合は赤色のランプが点滅し、電源がオフになります。使用を続けるには充電をする必要があります。

スリープモード

４５秒以上作業が行われ無かった場合に自動的に電源がオフになります。再び使用したい場合はモード設定から電源を入れ直して下さい。

写真撮影について

写真を撮る

ここでは、ビッグショットでの撮影を楽しむための簡単なステップについて説明をします。

ステップ１：撮影モードの選択

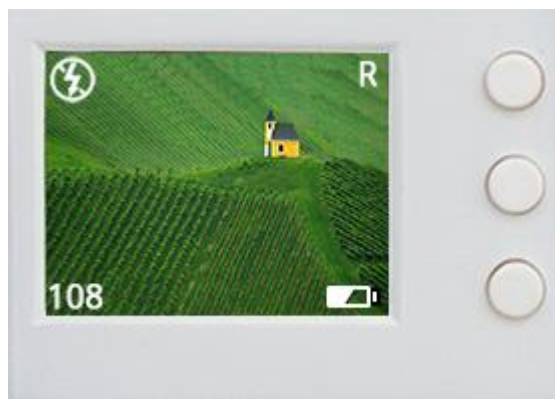
使用したい撮影モードにモード設定を合わせてください:

· オートフラッシュ
· 強制フラッシュ
· フラッシュ無し
· タイマー（10 秒）

ステップ２：レンズを選ぶ

使用したいレンズ設定にレンズホイールをゆっくり合わせてください:

- 普通
- パノラマ
- ステレオ/3D

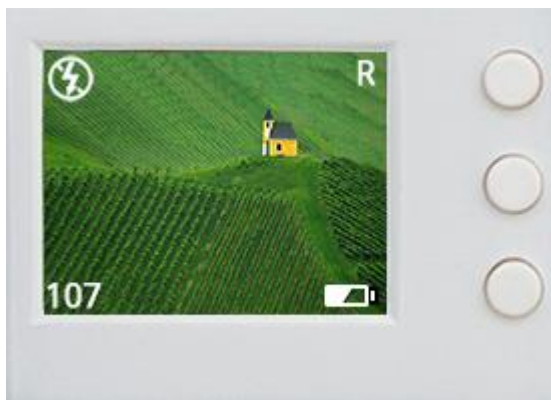
ステップ３：設定確認

ディスプレーで設定とレンズの種類を確認します。 写真を撮るだけのエネルギーがあるかどうか電池残量を確認しましょう。何枚とれるかを確認し、撮影したい数の写真を保存するだけのメモリーがあるかどうかをチェックしましょう。

ステップ４：撮る範囲を決める

両手でしっかりカメラを支えてください。ファインダーを通して撮影したいところの枠取りをしてください。手や指がカメラレンズやフラッシュを遮らないようにご注意ください。

ステップ５：撮影

カメラをしっかりと持ち、ゆっくり撮影ボタンを押します。シャッター音の後、ファインダーの緑の LED が点灯します。
(注)カメラがタイマーモードに設定されている場合は撮影を行うまで１０秒間、待機状態になります。この間、ブザーのビープ音が鳴り、タイマーLED が点滅します。

ステップ６：撮った写真を確認する

撮影をした直後にディスプレーに撮ったばかりの写真が３秒間表示されます。この後は写真を撮り続ける事も可能ですし、再生モードで今までに撮った写真を確認する事もできます。

三脚の使用

暗い場所での撮影は、カメラが対象を正確にとらえるのに長く時間がかかり、その間、撮影者はカメラをぶらさずに持たなければいけません。結果的に写真は手ぶれによってぼやけてしまう場合があります。ぶれを減らすにはカメラの底にある三脚用の穴をつかって三脚に乗せる事が出来ます。

再生モード

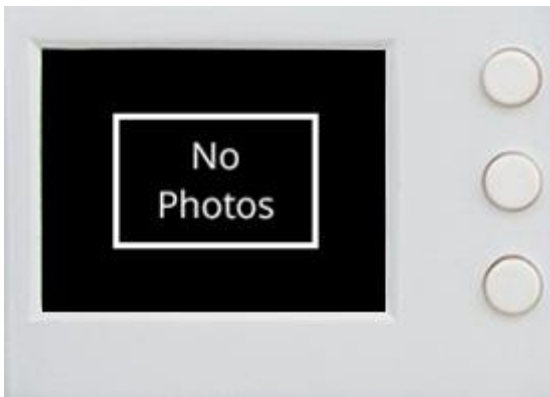
撮影した写真をみる

撮影後保存された写真は以下の手順で見る事ができます。（エコノミーモードに入っている場合を除く）

ステップ１：再生モードの選択

モード設定を再生モードに合わせてください。

ステップ２：写真を探す

ディスプレー上には一番新しく撮影された写真が表示されます。上ボタンを押すとそれ以前の写真を見る事ができ、下ボタンでもう一度新しい方の写真を見る事ができます。

何も保存されていない場合は No Photos と表示されます。

写真を削除する

メモリーから削除する

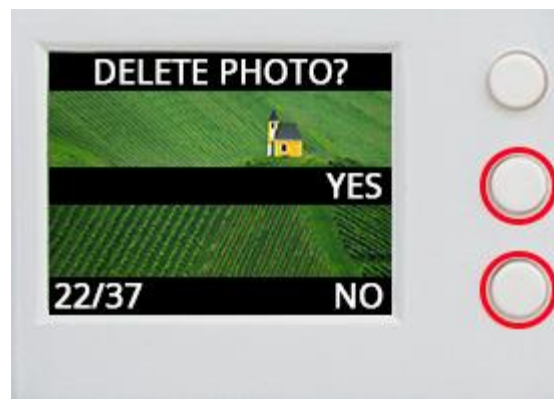
今まで撮った写真を削除する事でメモリーの容量が再び増え、撮れる枚数が増えます。削除するためには次の手順に従ってください。

ステップ１：再生モードを選択

モード設定を再生モードに合わせます。

ステップ２：写真を削除する

削除したい写真をディスプレイに表示し、真ん中のボタンを押します。

ステップ３：削除を承諾

真ん中のボタンを押すと、写真削除を承認します。削除を取り消したい場合は下のボタンを押してください。

画像処理

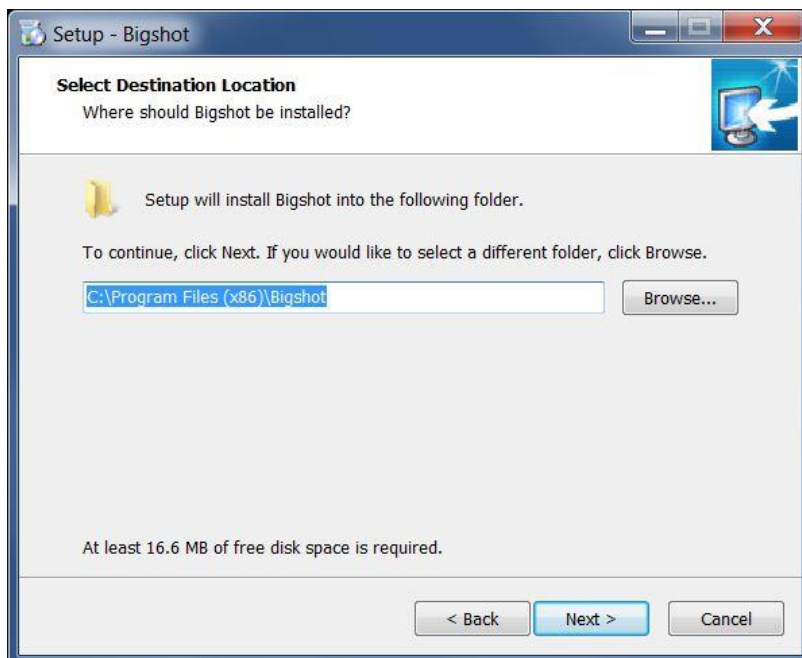
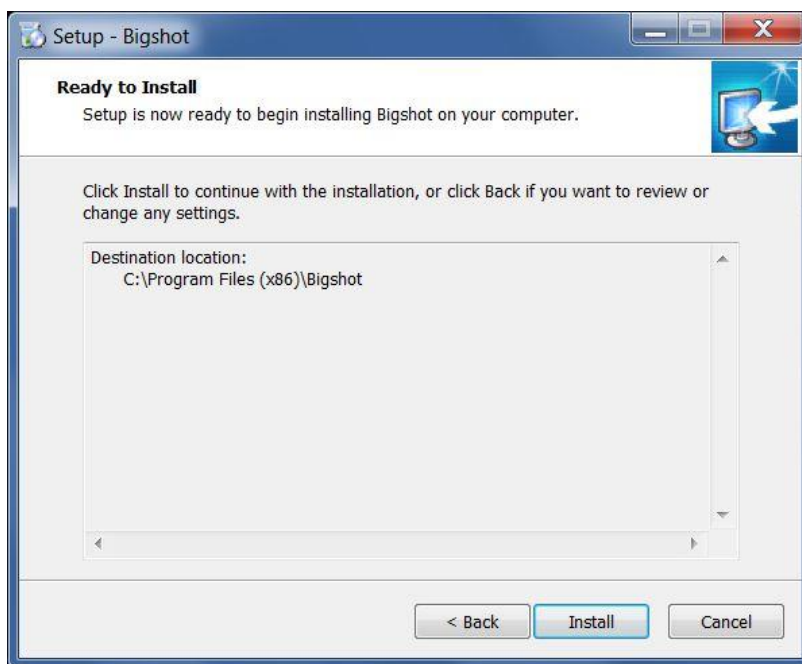
ビッグショットソフトウェアのダウンロード

http://www.bigshotcamera.com/camera/software からビッグショットのソフトウエアをダウンロードしてください。

Windows の場合

1. ダブルクリックでファイルをダウンロードしてください。コンピューターがソフトウエ

アをインストールするのに許可を求めてくる場合があります。「はい」をクリックしてください。

2. 次にソフトウエアをインストールする許可を求めてくるので、「次へ」をクリックしてください。

3. このソフトウエアをインストールする場所を選択してください。分からない場合は

「次へ」をクリックしてください。

4. インストールを終了するには「完了」をクリックしてください。

Mac OS X の場合

ビッグショットのアプリをダウンロードして、zip ファイルを開けてください。

ビッグショットをパソコンにつなぐ

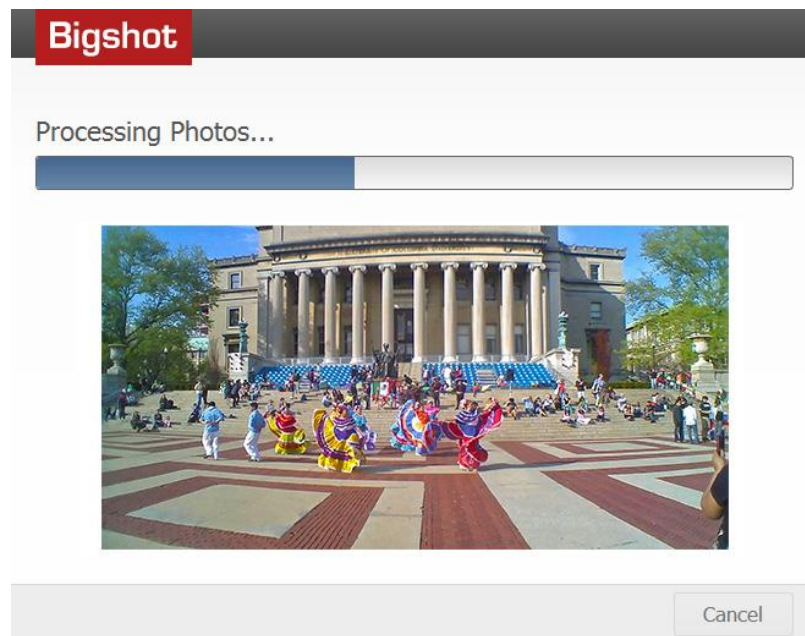
付属の USB ケーブルを使ってカメラをパソコンに接続してください。ケーブルを無理に差し込んだり、斜めに入れたり、反対側の端子を差し込んだりしないで下さい。

パソコンがカメラを認識します。そのパソコンに最初に差し込んだ場合、パソコンが自動的にドライバーをインストールする場合があります。正しく接続されるとカメラのディスプレーに USB Connected と表示されます。同時に、自動的に充電を始めます。

画像処理

1. ビッグショットがコンピューターに接続されると、デフォルト設定としてソフトウエアはカメラのメモリーに保存された全ての写真を処理対象として選択します。写真を一枚ずつ選択したり、別の場所のフォルダーを丸ごと選択することも可能です。

2. 写真の保存場所を選んでください。デフォルト設定は写真ライブラリです。

3. 写真の処理をする場合は START をクリックしてください。

4. 写真ごとにソフトウエアは自動的に種類を察知し、適切な処理を行います。終了すると全ての処理済みの写真を表示します。

ソフトウェアの設定

ソフトウエアのオプションを見るには設定ボタンをクリックしてください。

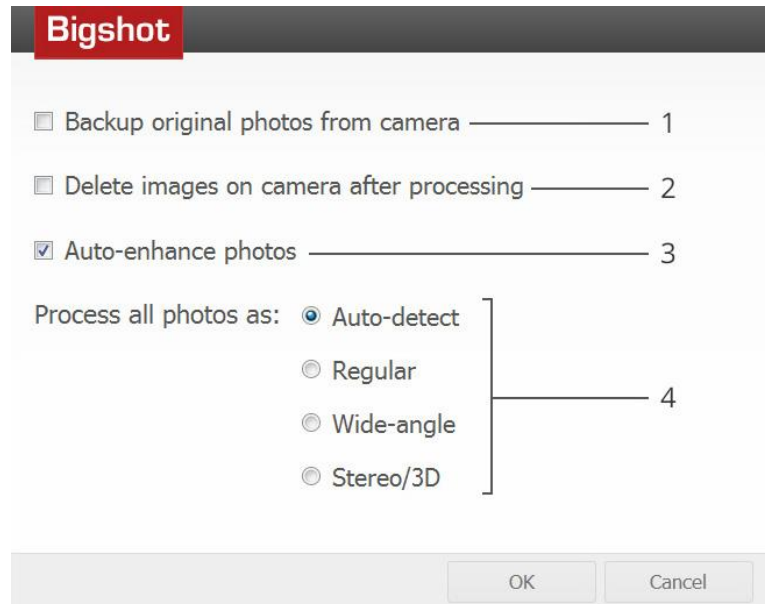
Bigshot

Backup original photos from camera — 1

Delete images on camera after processing — 2

Auto-enhance photos — 3

Process all photos as: Auto-detect / Regular / Wide-angle / Stereo/3D — 4

OK Cancel

1. バックアップ

カメラ内のメモリーにある写真をパソコンにコピーして保存するにはこの四角をクリックしてオンに設定して下さい。

2. カメラ上の写真を削除

処理済みの写真をビッグショットから削除するにはこの四角をクリックしてオンに設定してください。

3. 自動で写真の見栄えを向上させる

自動的に写真の見栄えを向上させるにはこの四角をクリックしてオンに設定してください。

4. 写真タイプの自動察知

写真のタイプ（普通、広角、ステレオ）を自動的にソフトウエアに察知させるか、自動察知を無視して 自分の選択した写真タイプの処理をソフトウエアに強要する事が出来ます。

より良い写真を撮るには

何度も試してみよう！

同じものを何回か撮影するときに、似たような写真をとってしまうことがよくあります。これはそのものに対して毎回似た角度から取ってしまいがちだからです。同じような写真ばかりだと面白みがなくなってきてしまいます。写真を撮る際にバラエティー豊かに撮影できるヒントをここで紹介します。

いつもと違う所から

高い所から

低い所から

高い所から

低い所から

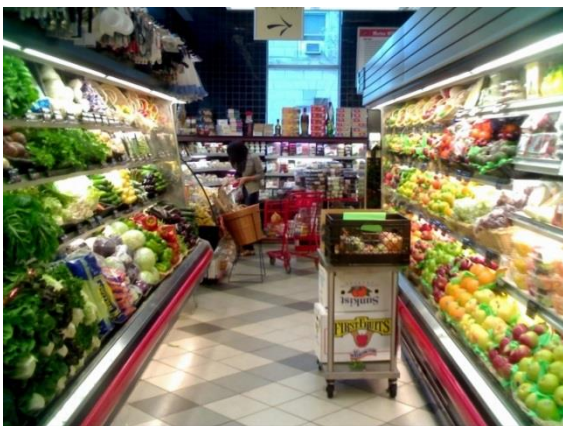
写真クレジット: Flickr/Mike Baird

写真クレジット: Flickr/Mike Baird

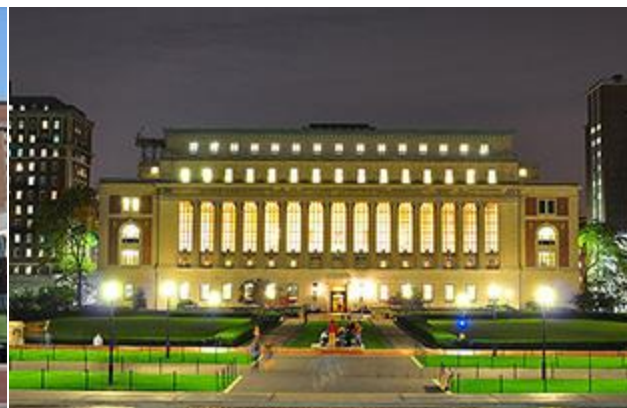
いつもより近くから／遠くから

遠くから

近くから

色々なレンズで

レギュラーレンズ

広角レンズ

色々な光の加減で

朝　　　　　　　　　　夕暮れ後

フラッシュなし

フラッシュあり

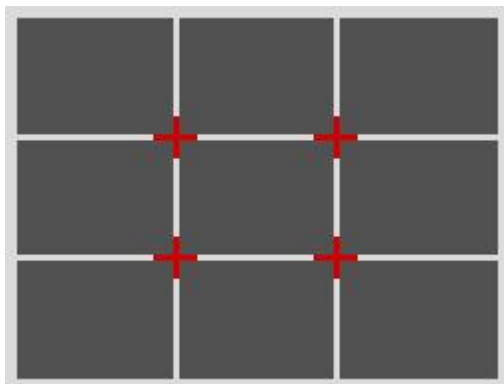
できるだけたくさんの写真をとって色々試してみましょう。継続は力なり。辛抱強く続けていると必ず上達します。

写真はまっすぐに

この写真に違和感を感じませんか？見て分かる通り、この写真は右に傾いています。縦と横のラインが正しくそろっていません。簡単なことなのですが、このようにカメラを傾けて構えてしまう人が多くいます。

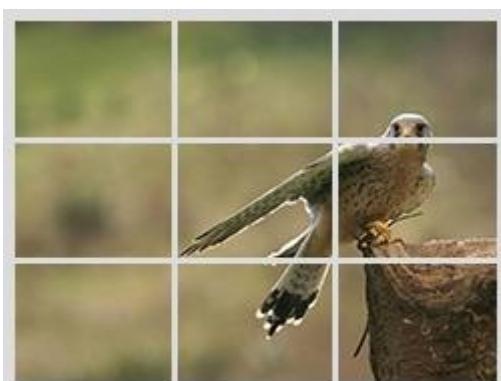
写真を撮る前にファインダーかディスプレーを使って直線がどのように表示されているか見てみましょう。縦と横のラインをディスプレーとファインダーの枠の線とそろえましょう。もちろん、好みに合わせて傾けて撮るのもおしゃれかもしれません。

３分割法

3 分割法は基本的でありながらも写真の構成を考えるのに非常に役立つ法則です。

右の図のように、写真が２本の横と縦の線によって9 分化されていると想像してください。3 分割法を使用する場合はメインの撮影対象を２本の線の交差する点か、４本の線のうちの１本にそって配置しましょう。写真を見るときに我々の目は中心ではなく、この交差する点に自然に目がいくという研究結果も出ています[1]。３分割法はこの画像の自然な見方を上手く取り入れています。

下に３分割法を使用した写真がいくつか紹介されています。メインとなる被写体が線の交差点に配置され、風景のなかの存在感の強いラインが４本の線のうちの１本とそろっている事に注目してください。

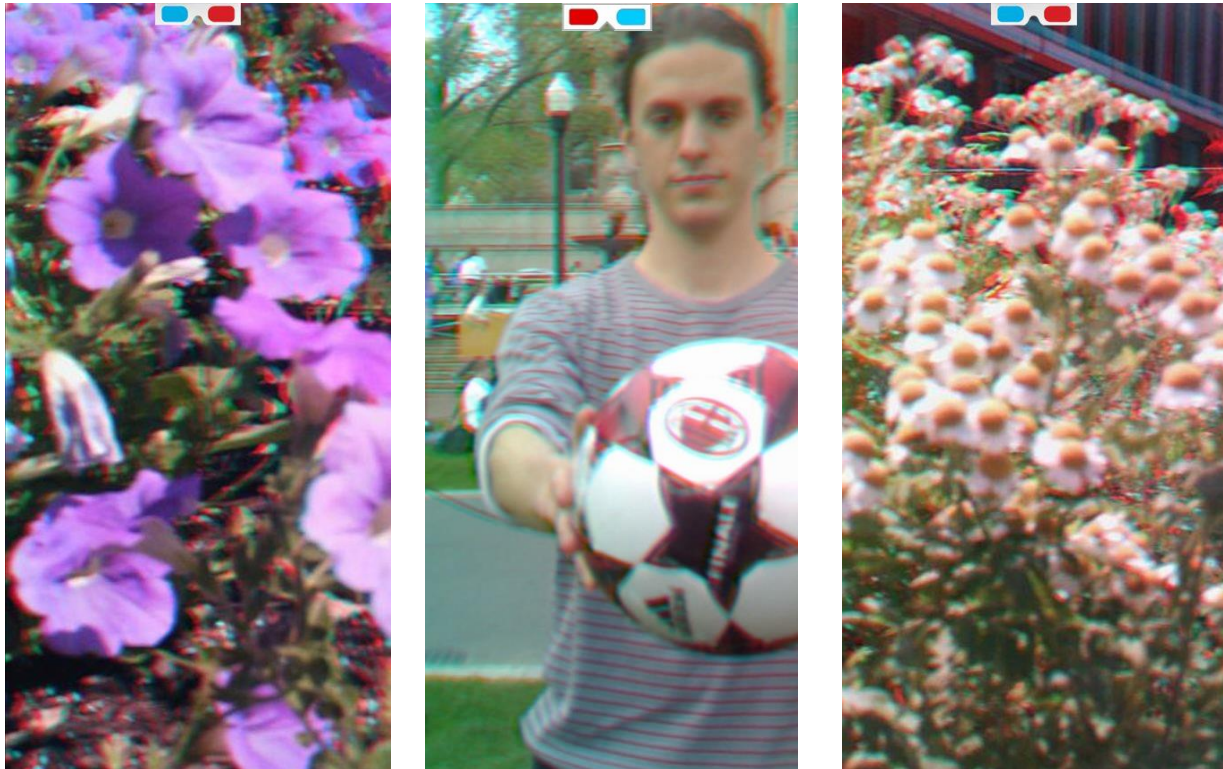
写真クレジット: Flickr / Guru Krishnan

写真クレジット: Flickr / Michael Miller

写真クレジット: Flickr / Alan Cleaver

写真クレジット: Flickr / Guru Krishnan

3 分割法で撮影する時に、次の２つのを自分に問いかけてみて下さい[2]:

- 撮影する対象のもっとも大切なポイントは何か？
- その大切なポイントを写真の構図のどのあたりに配置すべきか?

3D での写真撮影

ビッ グショットには普通のカメラではできないことを可能にしてくれます。オリジナルの 3D 写真を撮影してみましょう！上の３枚の写真はビッグショットの 3D プリズムを使用して撮影されたものです。３D で立体的に見るためには付属の 3D 眼鏡を赤色のレンズを左目にしてかけてください。**強い 3D 感を得るためには被写体から 30 センチ～1.2 メートルの距離で撮影しましょう。**

参考文献

[1] D. W. Dudley, Handbook of Practical Gear Design, CRC, 1994.

[2] C. S. Siskind, Electrical machines, direct and alternating current, McGraw-Hill, 1950.

[3] E. Hecht, Optics, Addison Wesley, 2001.

[4] "The Photoelectric Effect," ScienceTrek, [Online]. Available: http://www.colorado.edu/physics/2000/quantumzone/photoelectric.html.

[5] D. Litwiller, "CCD vs. CMOS: Facts and Fiction," *Photonics Spectra,* January 2001.

[6] H. Helmholtz and D. L. MacAdam, "Physiological Optics - The Sensations of Vision," in *Sources of Color Science*, Cambridge MIT Press, 1970.

[7] B. E. Bayer, "Color imaging array". United States of America Patent 3971065.

[8] L. Stroebel and R. D. Zakia, The Focal Encyclopedia of Photography, Focal Press, 1996.

[9] M. J. Kidger, Fundamental Optical Design, SPIE Monograph, SPIE Press, 2002.

[10] "Charles Wheatstone," Wikipedia, The Free Encyclopedia, [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Charles_Wheatstone. [Accessed 4 10 2009].

[11] K. Sayanagi, "Stereoscopic photograph system using a stereoscopic attachment to a camera". United States of America Patent 3674339, 4 July 1972.

[12] D.-H. Lee, I. S. Kweon and R. Cipolla, "A Biprism-Stereo Camera System," in *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 1999.

[13] W. J. Smith, Modern Optical Engineering: The Design of Optical Systems, McGraw-Hill, 1990.

[14] E. N. Marieb and K. Hoehn, Human Anatomy & Physiology, Benjamin Cummings, 2006.

[15] "Image warping," Wikipedia, The Free Encyclopedia, [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Image_warping. [Accessed 4 10 2009].

[16] "Distortion (optics)," [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Distortion_(optics). [Accessed 4 10 2009].